

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2005 年 9 月 1 日 (01.09.2005)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2005/080756 A1

- (51) 国際特許分類: **F01C 13/04**, 1/02, F04B 35/00, F04C 18/02, 23/02, F25B 9/00
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2005/001299
- (22) 国際出願日: 2005 年 1 月 25 日 (25.01.2005)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2004-044967 2004 年 2 月 20 日 (20.02.2004) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): トヨタ自動車株式会社 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI)

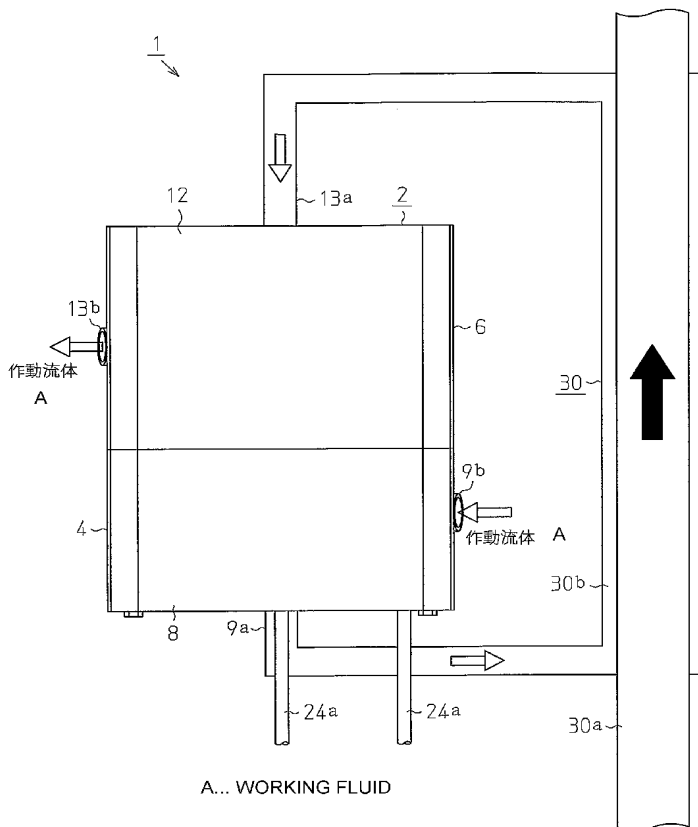
KAISHA) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 Aichi (JP).

- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 小川 正宏 (OGAWA, Masahiro) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社 内 Aichi (JP). 三谷 信一 (MITANI, Shinichi) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社 内 Aichi (JP). 杉浦 愛子 (SUGIURA, Aiko) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社 内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 恩田 博宣 (ONDA, Hironori); 〒5008731 岐阜県岐阜市大宮町 2 丁目 1 2 番地の 1 Gifu (JP).

[続葉有]

(54) Title: BRAYTON CYCLE DEVICE AND EXHAUST HEAT ENERGY RECOVERY DEVICE FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) 発明の名称: ブレイトンサイクル装置及び内燃機関の排気熱エネルギー回収装置



(57) Abstract: An exhaust heat energy recovery device for an internal combustion engine capable of efficiently recovering exhaust heat energy without increasing the exhaust back pressure of the internal combustion engine and a Brayton cycle device usable for the exhaust heat energy recovery device. The Brayton cycle device (1) comprises a scroll compressor (4) and a scroll expansion machine (6). Accordingly, the structure of the Brayton cycle device (1) can be simplified and formed compact. A working fluid is compressed by the scroll compressor (4) in the state of being divided and sealed by the combination of a fixed scroll with a turning scroll, and expanded by the scroll expansion machine (6). Therefore, the device has an excellent conversion efficiency for converting heat energy to kinetic energy. Also, heat is transferred from exhaust gas to the working fluid through the tube wall of a flow passage (30a) and the expansion machine case (12) of the scroll expansion machine (6) for heat exchange. As a result, the Brayton cycle device (1) can be further reduced in size without affecting the back pressure of an energy source such as the exhaust gas.

(57) 要約: 内燃機関の排気背圧を上昇させることなく、効率良く排気熱エネルギーを回収することができる内燃機関の排気熱エネルギー回収装置、及びこのような排気熱エネルギー回収装置に利用できるブレイトンサイクル装置を提供する。ブレイトンサイクル装置 1 はスク

ロール型圧縮機 4 及びスクロール型膨張機 6 を用いる。よって、ブレイトンサイクル装置 1 の構造は簡単で小型化できる。作動流体は、固定スクロール及

[続葉有]

WO 2005/080756 A1



(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ,

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

び旋回スクロールの組み合わせにより分割されて密閉された状態で、スクロール型圧縮機4で圧縮され、スクロール型膨張機6で膨張する。このため熱エネルギーから運動エネルギーへの変換効率も優れている。更に、流路30aの管壁及びスクロール型膨張機6の膨張機ケース12を介して排気から作動流体に熱が伝えられて熱交換される。よって、ブレイトンサイクル装置1は更に小型化でき、排気などのエネルギー源の背圧には影響しない。

明細書

ブレイトンサイクル装置及び内燃機関の排気熱エネルギー回収装置

技術分野

本発明は、ブレイトンサイクルを実現する装置及びブレイトンサイクルを利用した内燃機関の排気熱エネルギー回収装置に関する。

背景技術

内燃機関の燃費を向上させるために、燃料燃焼後に機関から排出される排気エネルギーを回収する装置が知られている。例えば車両に内燃機関と共にランキンサイクル装置が搭載される。ランキンサイクル装置中に配置されている蒸発器は、排気熱エネルギーにより装置内部の水を加熱して高温高圧蒸気を発生させる。この蒸気を利用して、膨張器にて動力が発生させられる（例えば特開 2003-120281 号公報参照）。

これ以外にはスターリングエンジンなどの熱利用エンジンを内燃機関に組み合わせたり（例えば特開 2001-99003 号公報参照）、あるいはスクロール型膨張機内に直接排気を導入して（例えば特開 2003-138933 号公報参照）、排気エネルギーを回収することが提案されている。

しかし、前記特開 2003-120281 号公報のような装置では蒸発器、膨張器、凝縮器、ポンプ、及び、作動流体としての水が必要となるため、装置の容積や重量が大きくならざるを得ない。したがって排気熱エネルギーを効率良く回収できたとしても、装置の駆動エネルギーや車両重量が過大となってほとんど燃費が改善されなくなるおそれがある。このことは前記特開 2001-99003 号公報のようなスターリングエンジンなどの熱利用エンジンを用いる場合も同じである。

更に、特開 2003-138933 号公報では、スクロール型膨張機に排気を

導入するため、どうしても内燃機関の排気背圧が高まり機関出力が低下するので、全体として燃費が改善されなくなるおそれがある。

発明の概要

本発明の目的は、内燃機関の排気背圧を上昇させることなく、効率良く排気熱エネルギーを回収することができる内燃機関の排気熱エネルギー回収装置、及びこのような排気熱エネルギー回収装置に利用できるブレイトンサイクル装置を提供することにある。

以下、上記目的を達成するための手段及びその利点について記載する。

本発明はブレイトンサイクル装置を提供する。このブレイトンサイクル装置は、スクロール型圧縮機と、該スクロール型圧縮機の旋回運動に連動するスクロール型膨張機と、前記スクロール型圧縮機から前記スクロール型膨張機へ送られる圧縮された作動流体を加熱する加熱装置とを備える。

このブレイトンサイクル装置は、従来のガスタービン型のブレイトンサイクル装置とは異なり、圧縮機及び膨張機がスクロール型であるため、構造としては簡単で小型化できる。しかもブレイトンサイクル装置内においては、作動流体は分割されて密閉された状態で圧縮機及び膨張機の内部を移動し、圧縮され、且つ膨張される。よって、熱エネルギーから運動エネルギーへの変換効率も優れている。

更に、加熱装置は、伝熱にて作動流体を加熱することで本発明のブレイトンサイクル装置を駆動することが可能となる。よって、エネルギー源の圧力自体は問題とならず、排気などのエネルギー源の背圧には影響しない。

このように本発明のブレイトンサイクル装置は、エネルギー源の背圧を上昇させることなく、効率良く熱エネルギーを運動エネルギーに変換できる。よって、本発明のブレイトンサイクル装置を内燃機関などに適用した場合も、排気背圧を上昇させることなく、効率良く排気熱エネルギーを回収することができる。

好ましくは、前記スクロール型圧縮機の圧縮旋回スクロール及びスクロール型膨張機の膨張旋回スクロールは、前記旋回隔壁を挟んで互いに反対側となるように、前記旋回隔壁の両側に設けられる。前記旋回隔壁の前記圧縮旋回スクロールは、内部に圧縮固定スクロールが形成された圧縮機ケースと摺動可能に密着あるいは狭い空隙を挟んで対峙する。よって、前記圧縮旋回スクロールは前記圧縮固定スクロールと組み合わせられて前記スクロール型圧縮機を形成する。前記旋回隔壁の前記膨張旋回スクロールは、内部に膨張固定スクロールが形成された膨張機ケースと摺動可能に密着あるいは狭い空隙を挟んで対峙する。よって、前記膨張旋回スクロールは前記膨張固定スクロールと組み合わせられて前記スクロール型膨張機を形成する。

このようにスクロール型圧縮機及びスクロール型膨張機が形成されていることにより、一層、ブレイトンサイクル装置を単純化かつ小型化することが可能となる。

好ましくは、前記スクロール型圧縮機は、前記スクロール型膨張機から前記旋回隔壁へ伝えられる熱を、前記圧縮機ケースを介して外界に放出する。

スクロール型圧縮機は旋回隔壁を介してスクロール型膨張機と接触している。よって、低温側である圧縮機ケースは、高温側であるスクロール型膨張機から伝達されてきた旋回隔壁の熱を受けて、その熱を外界に放出することができる。このような圧縮機ケースによる放熱作用により、旋回隔壁の高温化を抑制できる。よって、旋回隔壁の熱変形を抑制して旋回隔壁の寸法精度を維持できる。従って、作動流体の漏洩を防止し、旋回隔壁の旋回時に摩擦係数が高くなるのを防止して、高いエネルギー変換効率を維持できる。

このことにより、特に旋回隔壁や圧縮機ケースに、耐熱性が低いが軽量の材料を用いることが可能となり、装置の一層の軽量化に貢献できる。

好ましくは、前記スクロール型膨張機は、導入された作動流体が膨張する前に、前記膨張機ケースに設けた吸熱室にその作動流体を導入することにより、該吸熱室の壁部を介して、膨張中の作動流体を加熱する。

このようにスクロール型膨張機を構成することにより、圧縮前の作動流体の熱によって、スクロール型膨張機内で膨張中の作動流体を加熱することができる。このため構成を複雑化せずに、ブレイトンサイクル装置において一層効率良く熱エネルギーを運動エネルギーに変換できる。

好ましくは、前記スクロール型圧縮機は作動流体として大気を取り込んで圧縮し、前記スクロール型膨張機は膨張後の作動流体を大気に放出する。

このように大気を作動流体として利用しているので、作動流体の放熱装置は不要である。よって、装置の構成がより簡単化及び小型化する。

好ましくは、前記加熱装置は、熱交換により外部の熱を作動流体に伝達する熱交換器として形成されている。

このように加熱装置を熱交換器として形成することによって、装置をより簡単化及び小型化できる。更に、本発明のブレイトンサイクル装置を内燃機関などの排気熱エネルギー回収に利用しても排気背圧を上昇させることがない。

更に本発明は、容積型圧縮機と、該容積型圧縮機の圧縮運動に連動して旋回運動するスクロール型膨張機と、前記容積型圧縮機から前記スクロール型膨張機へ送られる圧縮された作動流体を加熱する加熱装置とを備えるブレイトンサイクル装置を提供する。

このブレイトンサイクル装置は、従来のガスタービン型のブレイトンサイクル装置とは異なり、圧縮機が容積型であり、膨張機がスクロール型である。よって、ブレイトンサイクル装置の構造が簡単になり、小型化できる。しかもこのブレイトンサイクル装置内においては、作動流体は分割されて密閉された状態で圧縮機

及び膨張機の内部を移動し、圧縮され、かつ膨張される。よって、このブレイトンサイクル装置は熱エネルギーから運動エネルギーへの変換効率も優れている。

更に加熱装置は、伝熱にて作動流体を加熱することで本発明のブレイトンサイクル装置を駆動することが可能となる。よって、エネルギー源の圧力自体は問題とならず、排気などのエネルギー源の背圧には影響しない。

このように、本発明のブレイトンサイクル装置は、エネルギー源の背圧を上昇させることなく、効率良く熱エネルギーを運動エネルギーに変換できる。よって、本発明のブレイトンサイクル装置を内燃機関などに適用した場合も、排気背圧を上昇させることなく、効率良く排気熱エネルギーを回収することができるようになる。

好ましくは、前記ブレイトンサイクル装置では、前記膨張機の壁面が保温されている。

このように膨張機の壁面が保温されていることにより、膨張機から熱エネルギーが漏出するのが防止される。よって、膨張機は、一層効率良く熱エネルギーを運動エネルギーに変換できる。

更に本発明は、内燃機関の排気熱エネルギー回収装置を提供する。このエネルギー回収装置は、圧縮機から膨張機へ送られる圧縮された作動流体を、内燃機関の排気流路の流路壁から伝達される熱により加熱するブレイトンサイクル装置を用いる。よって、熱エネルギー回収装置は排気熱エネルギーを運動エネルギーとして回収することができる。

このように、この発明の排気熱エネルギー回収装置は、内燃機関の排気熱エネルギーを回収するために、ブレイトンサイクル装置を利用して伝熱にて作動流体を加熱している。よって、この発明の排気熱エネルギー回収装置は、内燃機関の排気背圧を上昇させることなく、効率良く排気熱エネルギーを回収することができる。

好ましくは、前記熱エネルギー回収装置において、ブレイトンサイクル装置が備える加熱装置は、熱交換により外部の熱を作動流体に伝達する熱交換器として形成されている。この熱交換器は、内燃機関の排気に接触するように配置される。

このように構成することにより、排気熱エネルギー回収装置は簡単化及び小型化でき、車両などに搭載することが容易となる。この排気熱エネルギー回収装置は、内燃機関の排気背圧を上昇させることなく、効率良く排気熱エネルギーを回収することができる。

好ましくは、前記排気流路は内側通路及び外側通路を備える二重管として構成される。該二重管の内側通路及び外側通路の一方を通る排気と、他方を通る作動流体との間で熱交換が行われる。

このように排気流路を二重管として形成して熱交換することにより、圧縮された作動流体を排気熱エネルギーで容易に加熱することができる。

したがって簡単で小型の構成にて、内燃機関の排気背圧を上昇させることなく、効率良く排気熱エネルギーを回収することができる。

好ましくは、前記ブレイトンサイクル装置は、旋回隔壁に関して互いに反対側に配置されるスクロール型圧縮機及びスクロール型膨張機を備える。旋回隔壁及び圧縮機ケースは高熱伝導性材料にて形成され、膨張機ケースは耐熱性材料にて形成される。

高熱伝導性材料の圧縮機ケースはブレイトンサイクル装置において低温側であり、旋回隔壁も高熱伝導性材料にて形成される。よって、ブレイトンサイクル装置は圧縮機ケースから冷却される。このことにより、旋回隔壁及び圧縮機ケースは耐熱性材料とする必要がない。したがって、高温の作動流体が直接接触する膨張機ケースを耐熱性材料にて形成することにより、内燃機関の排気熱エネルギー回収装置を形成することができる。

好ましくは、前記高熱伝導性材料としてアルミニウム合金が用いられ、前記耐熱性材料として鉄合金が用いられる。

このように高熱伝導性材料としてアルミニウム合金を用いることによって、排気熱エネルギー回収装置の軽量化に貢献できる。

好ましくは、前記膨張機の壁面が保温されている。

このように膨張機の壁面が保温されたブレイトンサイクル装置を用いることにより、一層効率良く熱エネルギーを運動エネルギーに変換して、高効率な排気熱エネルギー回収が可能となる。

更に本発明は、膨張旋回スクロールに膨張固定スクロールを組み合わせて形成されたスクロール型膨張機と、作動流体を圧縮するべく前記膨張旋回スクロールの旋回運動に連動する圧縮機と、前記圧縮機から前記スクロール型膨張機へ作動流体を供給する圧縮作動流体経路と、前記スクロール型膨張機内の作動流体を伝熱により加熱する熱源とを備えるブレイトンサイクル装置を提供する。

即ち、ブレイトンサイクル装置は、圧縮機からスクロール型膨張機へ作動流体を供給する圧縮作動流体経路にて作動流体を加熱する構成に限らず、スクロール型膨張機内の作動流体を熱源から伝えられる熱にて加熱する構成でもよい。

この場合、熱源から伝えられる熱にてスクロール型膨張機内の作動流体を加熱することで、本発明のブレイトンサイクル装置を駆動することが可能となる。よって、熱源の圧力自体は問題とならず、熱源の背圧には影響せずに、効率良く熱エネルギーを運動エネルギーに変換できる。よって、本発明のブレイトンサイクル装置を内燃機関などに適用した場合も、排気背圧を上昇させることなく、効率良く排気熱エネルギーを回収することができるようになる。

更に、圧縮作動流体経路においては作動流体を加熱しないので、圧縮作動流体

経路自体を簡易な構成にできる。スクロール型膨張機の構成を利用して伝熱により作動流体を加熱できることから、ブレイトンサイクル装置は、より簡素化かつ小型化される。

好ましくは、前記圧縮機は容積型圧縮機である。

このように容積型圧縮機を用いた場合も、スクロール型膨張機内の作動流体の加熱が上述したごとくに行われる。よって、この場合のブレイトンサイクル装置を内燃機関などに適用した場合も、排気背圧を上昇させることなく、効率良く排気熱エネルギーを回収することができるようになる。

更に本発明は、片面に圧縮旋回スクロールが形成され且つもう一方の片面に膨張旋回スクロールが形成された旋回隔壁と、前記圧縮旋回スクロールに圧縮固定スクロールを組み合わせて形成されたスクロール型圧縮機と、前記膨張旋回スクロールに膨張固定スクロールを組み合わせて形成されたスクロール型膨張機と、前記スクロール型圧縮機から前記スクロール型膨張機へ作動流体を供給する圧縮作動流体経路と、前記スクロール型膨張機内の作動流体を伝熱により加熱する熱源とを備えるブレイトンサイクル装置を提供する。

即ち、ブレイトンサイクル装置は、スクロール型圧縮機からスクロール型膨張機へ作動流体を供給する圧縮作動流体経路において作動流体を加熱する構成に限らず、スクロール型膨張機内の作動流体を熱源からの伝熱によって加熱する構成でもよい。

このブレイトンサイクル装置は、従来のガスタービン型のブレイトンサイクル装置とは異なり、圧縮機及び膨張機がスクロール型であるため、構造としては簡単で小型化できる。しかもブレイトンサイクル装置内においては、作動流体は分割された状態で圧縮機及び膨張機の内部を移動し、圧縮され、かつ膨張される。よって、熱エネルギーから運動エネルギーへの変換効率も優れている。

更に、熱源から伝えられる熱によって作動流体が加熱されることで本発明のブレイトンサイクル装置は駆動される。よって、熱源の圧力自体は問題とならず、排気などの熱源の背圧には影響しない。

このように本発明のブレイトンサイクル装置は、熱源の背圧を上昇させることなく、効率良く熱エネルギーを運動エネルギーに変換できる。このことから、このブレイトンサイクル装置を内燃機関などに適用した場合も、排気背圧を上昇させることなく、効率良く排気熱エネルギーを回収することができるようになる。

更に、圧縮作動流体経路にては作動流体を加熱していないので圧縮作動流体経路自体が簡易な構成となる。更に、スクロール型膨張機の構成を利用して作動流体を伝熱によって加熱する構成が可能となることから、ブレイトンサイクル装置が、より簡素化かつ小型化される。

好ましくは、前記圧縮作動流体経路は、前記旋回隔壁に形成される貫通孔である。この貫通孔は、前記スクロール型圧縮機のケース内部を、スクロール型圧縮機とは前記旋回隔壁を挟んで形成された前記スクロール型膨張機のケース内部に連通する。

この旋回隔壁の貫通孔は、圧縮作動流体経路の機能を果たすことができる。よって、圧縮作動流体経路は極めて簡易な構成となり、ブレイトンサイクル装置全体としても一層、簡素化かつ小型化される。

好ましくは、前記熱源は前記スクロール型膨張機のケースに接触する。これにより、熱源は、該スクロール型膨張機のケース又は該ケースに固定されている膨張固定スクロールを介して、前記スクロール型膨張機内の作動流体を加熱する。

この場合、膨張固定スクロールを利用して、伝熱により作動流体を加熱することができる。よって、ブレイトンサイクル装置が一層、簡素化かつ小型化される。

本発明は、膨張機へ送られた作動流体を、内燃機関の排気流路の流路壁から伝達される熱により加熱するブレイトンサイクル装置を用いた内燃機関の排気熱エネルギー回収装置を提供する。

この場合、内燃機関の排気熱エネルギーを回収するために、ブレイトンサイクル装置を利用して、伝熱にて作動流体が加熱される。よって、内燃機関の排気背圧を上昇させることなく、効率良く排気熱エネルギーを回収することができる。

更に、この排気熱エネルギー回収装置は、膨張機へ送られた作動流体を、内燃機関の排気流路の流路壁から伝達される熱により加熱する。よって、排気熱エネルギー回収装置全体としても簡素化かつ小型化される。

好ましくは、排気熱エネルギー回収装置は、スクロール型膨張機と、スクロール型膨張機内の作動流体を伝熱によって加熱する熱源とを備える。前記熱源として内燃機関の排気が用いられる。よって、排気熱エネルギー回収装置全体としても一層、簡素化かつ小型化される。

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明を具体化した第 1 の実施形態のブレイトンサイクル装置の概略構成図、

図 2 は、図 1 のブレイトンサイクル装置における断熱処理装置の外観説明図、

図 3 は、図 2 の断熱処理装置の外観説明図、

図 4 は、図 1 の装置における圧縮機ケースの平面図、

図 5 は、図 1 の装置における膨張機ケースの平面図、

図 6 は、図 4 の圧縮機ケースの斜視図、

図 7 は、図 5 の膨張機ケースの斜視図、

図 8 は、図 1 の装置における旋回隔壁の構成説明図、

図 9 は、図 8 の旋回隔壁の斜視図、

図 1 0 は、図 1 の装置におけるスクロール型圧縮機の内部構成説明図、
図 1 1 は、図 1 の装置におけるスクロール型膨張機の内部構成説明図、
図 1 2 は、図 1 の装置におけるブレイトンサイクルの P V 線図、
図 1 3 は、図 1 のブレイトンサイクル装置駆動時の圧縮固定スクロールと圧縮
旋回スクロールとの位置関係の説明図、

図 1 4 は、図 1 のブレイトンサイクル装置駆動時の膨張固定スクロールと膨
張旋回スクロールとの位置関係の説明図、

図 1 5 は、本発明の第 2 の実施形態のブレイトンサイクル装置及び排気熱エ
ネルギー回収装置の概略構成図、

図 1 6 は、図 1 5 の装置の圧縮機ケースにおける放熱フィンの構成説明図、
図 1 7 は、図 1 5 の装置の膨張機ケースにおける吸熱フィンの構成説明図、
図 1 8 は、本発明の第 3 の実施形態のブレイトンサイクル装置の概略構成図、
図 1 9 は、図 1 8 のブレイトンサイクル装置における断熱処理装置の外観説
明図、

図 2 0 は、図 1 9 の断熱処理装置の外観説明図、
図 2 1 は、図 1 8 の装置における圧縮機ケースの平面図、
図 2 2 は、図 1 8 の装置における膨張機ケースの平面図、
図 2 3 は、図 2 1 の圧縮機ケースの斜視図、
図 2 4 は、図 2 2 の膨張機ケースの斜視図、
図 2 5 は、図 1 8 の装置における旋回隔壁の斜視図、
図 2 6 は、図 2 5 の旋回隔壁の構成説明図、
図 2 7 は、図 1 8 のブレイトンサイクル装置駆動時の圧縮固定スクロールと
圧縮旋回スクロールとの位置関係の説明図、

図 2 8 は、図 1 8 のブレイトンサイクル装置駆動時の膨張固定スクロールと
膨張旋回スクロールとの位置関係の説明図、

図 2 9 は、図 1 8 の装置に関して、加熱手法の違いによる熱エネルギー変換効
率の比較を示すグラフ、

図 3 0 は、本発明の第 4 の実施形態のブレイトンサイクル装置の概略構成図、
図 3 1 は、本発明の他のクランク機構の例の構成説明図。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明を具体化した第１の実施形態を説明する。図１はブレイトンサイクル装置１の概略構成を示す。ブレイトンサイクル装置１内の断熱処理装置２を図２及び図３に示す。図２（Ａ）は断熱処理装置２の正面図、図２（Ｂ）は背面図（Ｂ）を表し、図３（Ａ）は右側面図、図３（Ｂ）は左側面図を表している。

断熱処理装置２はスクロール型圧縮機４及びスクロール型膨張機６から構成されている。スクロール型圧縮機４は図４の平面図に示すごとくの圧縮機ケース８を備える。この圧縮機ケース８の内部空間９には圧縮固定スクロール１０が形成されている。圧縮固定スクロール１０の中心部に相当する圧縮機ケース８の部分には圧縮作動流体排出ポート９ａが設けられている。圧縮固定スクロール１０の最外周部分には作動流体導入ポート９ｂが設けられている。圧縮機ケース８の斜視図を図６に示す。

スクロール型膨張機６は図５の平面図に示すごとくの膨張機ケース１２を備え、この膨張機ケース１２の内部空間１３には膨張固定スクロール１４が形成されている。膨張固定スクロール１４の中心部に相当する膨張機ケース１２の部分には圧縮作動流体吸入ポート１３ａが設けられる。膨張固定スクロール１４の最外周部分には作動流体放出ポート１３ｂが設けられている。膨張機ケース１２の斜視図を図７に示す。

圧縮機ケース８の接合面８ａの内側には円形の旋回凹部８ｂが設けられ、膨張機ケース１２の接合面１２ａの内側にも円形の旋回凹部１２ｂが設けられている。接合面８ａ，１２ａ同士が図２のごとく当接してボルトＢｔにて圧縮機ケース８が膨張機ケース１２と締結された場合に、２つの旋回凹部８ｂ，１２ｂは断熱処理装置２の内部に、旋回隔壁１８を収容する収納室を区画する。収納室においては、図８に示す旋回隔壁１８は摺動しつつ旋回するか、あるいは狭い空隙を介して旋回できる。

図 8 (A) に示す旋回隔壁 18 の圧縮機側の面 18 a には圧縮旋回スクロール 20 が突出形成されている。図 8 (B) に示す旋回隔壁 18 の膨張機側の面 18 b には膨張旋回スクロール 22 が突出形成されている。旋回隔壁 18 の斜視図を図 9 に示す。

旋回隔壁 18 の周縁部には、円盤状に形成された 3 つのクランク機構 24 がクランクピン 24 b にて回転可能に取り付けられている。各クランク機構 24 は圧縮機ケース 8 に 3 つ設けられたクランク収納部 8 c に収納される。各クランク機構 24 の中心部にはクランク軸 24 a が設けられている。クランク軸 24 a は、クランク収納部 8 c の中心に設けられたクランク軸受孔 8 d に挿入されて圧縮機ケース 8 に回転可能に支持される。このようにクランク機構 24 が圧縮機ケース 8 に支持されることで、旋回隔壁 18 全体が圧縮機ケース 8 に旋回可能に支持される。

断熱処理装置 2 を組み立てた状態では、3 つのクランク軸 24 a の内の 2 つが図 1 及び図 2 に示したごとく断熱処理装置 2 の外部に突出している。第 1 のクランク軸 24 a がブレイトンサイクル装置 1 の始動時におけるクランキングトルクを断熱処理装置 2 の外部から受ける。第 2 のクランク軸 24 a は、ブレイトンサイクル装置 1 が発生するトルクを断熱処理装置 2 の外部に出力している。なお、断熱処理装置 2 の外部に突出するクランク軸 24 a を 2 本ではなく 1 本に変更して、クランキングトルク入力と発生トルク出力との両方の機能を一本のクランク軸 24 a に兼ねさせてもよい。

上述した構成の旋回隔壁 18 の片面（圧縮機側の面 18 a（表面））にある圧縮旋回スクロール 20 を圧縮機ケース 8（図 4，図 6）の圧縮固定スクロール 10 に組み合わせ、他の片面（膨張機側の面 18 b（裏面））の膨張旋回スクロール 22 を膨張機ケース 12（図 5，図 7）の膨張固定スクロール 14 に組み合わせる。そして圧縮機ケース 8、膨張機ケース 12、及び旋回隔壁 18 をボルト B

tにて締結することで、断熱処理装置 2 が形成される。

このように構成された断熱処理装置 2 において、スクロール型圧縮機 4 の内部構成を図 10 に示す。図 10 は旋回隔壁 18 の圧縮機側の面 18 a (表面) にある圧縮旋回スクロール 20 と、これに組み合わされている圧縮機ケース 8 とを示している。圧縮機ケース 8 (圧縮旋回スクロール 20) を上、膨張機ケース 12 (膨張旋回スクロール 22) を下にした状態において、旋回隔壁 18 より上側にある圧縮機ケース 8 については一点鎖線にて示している。圧縮旋回スクロール 20 は黒く塗りつぶして示している。

断熱処理装置 2 の内で、スクロール型膨張機 6 の内部構成を図 11 に示す。図 11 は旋回隔壁 18 の膨張機側の面 18 b (裏面) にある膨張旋回スクロール 22 と、これに組み合わされている膨張機ケース 12 とを、スクロール型圧縮機 4 側から、旋回隔壁 18 を透過した状態で示している。旋回隔壁 18 より下側にある膨張固定スクロール 14 及び膨張旋回スクロール 22 については破線で示している。

図 10, 図 11 において示されているごとく、クランク軸 24 a は図示のごとく圧縮機ケース 8 側からみて時計回りに回転して、旋回隔壁 18 が時計回りに旋回運動する。よって、図 12 に示すブレイトンサイクルの P V 線図における断熱圧縮行程がスクロール型圧縮機 4 によって実現され、断熱膨張行程がスクロール型膨張機 6 によって実現される。

旋回状態の説明を図 13, 図 14 により説明する。図 13 は圧縮固定スクロール 10 と圧縮旋回スクロール 20 との位置関係を説明するために、圧縮機ケース 8 側から見た旋回隔壁 18 及びその上の圧縮機ケース 8 の構成を重ねて表示したものである。同様に、図 14 は膨張固定スクロール 14 と膨張旋回スクロール 22 との位置関係を説明するために、圧縮機ケース 8 側から見た旋回隔壁 18 及びその下の膨張機ケース 12 の構成を重ねて表示したものである。圧縮旋回スクロ

ール 20 及び膨張旋回スクロール 22 は旋回隔壁 18 の表裏に存在して同一の旋回運動を生じるので、図 13 の旋回及び図 14 の旋回は旋回隔壁 18 の表裏において同時に生じる。

旋回隔壁 18 は前述したごとくスクロール型圧縮機 4 側から見て時計回りに旋回するので、図 13 に(1)から(8)へ順次示すごとく、圧縮旋回スクロール 20 の位置が圧縮固定スクロール 10 に対して変化する。このことにより作動流体導入ポート 9b から作動流体（ここでは大気）が、圧縮機ケース 8 の内部空間 9 に初期容積 V_{a1} で導入されて、次第に容積を縮小させつつ圧縮機ケース 8 の中心に向かって運搬される。そして作動流体が圧縮機ケース 8 の中心部にて最終容積 V_{a2} ($V_{a1} > V_{a2}$) となった時に圧縮作動流体排出ポート 9a が開放されて、圧縮された作動流体が圧縮作動流体排出ポート 9a から加熱装置 30（図 1）へ送り出される。

圧縮旋回スクロール 20 の旋回と同時にスクロール型膨張機 6 では、図 14 に(1)から(8)へ順次示すごとく、膨張旋回スクロール 22 の位置が膨張固定スクロール 14 に対して変化する。よって、加熱装置 30 で加熱された作動流体は、圧縮作動流体吸入ポート 13a から膨張機ケース 12 の内部空間 13 に初期容積 V_{b2} で導入されて、次第に容積を拡大させつつ膨張機ケース 12 の外周側へ運搬される。そして作動流体は、膨張機ケース 12 の周辺部にて最終容積 V_{b1} ($V_{b1} > V_{b2}$) となった時に、膨張固定スクロール 14 及び膨張旋回スクロール 22 による拘束から解放されて作動流体放出ポート 13b から膨張機ケース 12 の外部へ放出される。

膨張固定スクロール 14 及び膨張旋回スクロール 22 の軸方向寸法は、圧縮固定スクロール 10 及び圧縮旋回スクロール 20 の軸方向寸法よりも大きく、 $V_{a1} < V_{b1}$ 、 $V_{a2} < V_{b2}$ の関係に設計されている。

このように構成されている断熱処理装置 2 と加熱装置 30 との組み合わせによ

り、図 1 に示したブレイトンサイクル装置 1 が完成する。加熱装置 30 は二重管を利用し、内側通路である熱源の流路 30 a と、流路 30 a の周囲に設けられた外側通路 30 b とを備える。加熱装置 30 は外側通路 30 b に作動流体を流す。よって、外側通路 30 b の作動流体は、熱源の流路 30 a の管壁（流路壁）を介して、熱源の流路 30 a を流れる流体と熱交換される。具体的には熱源の流路 30 a として内燃機関の排気管を用いれば、内燃機関の排気熱エネルギーを回収できる。つまり、熱源の流路 30 a には排気が流れ、この排気の熱が、外側通路 30 b を流れる作動流体（空気）に伝達される。

上記容積 V_{a1} 、 V_{a2} 、 V_{b1} 、 V_{b2} の値は、作動流体導入ポート 9 b における作動流体温度、加熱装置 30 における熱交換器効率、圧縮作動流体吸入ポート 13 a における作動流体温度、スクロール型圧縮機 4 及びスクロール型膨張機 6 における断熱効率を考慮して、ブレイトンサイクル装置 1 について最大の熱効率が得られるように設計される。

以上説明した第 1 の実施形態は以下の利点を有する。

(1) . 本実施形態のブレイトンサイクル装置 1 は、従来のガスタービン型のブレイトンサイクル装置とは異なり、スクロール型圧縮機 4 及びスクロール型膨張機 6 を用いているため、構造としては簡単で小型化できる。

特に断熱処理装置 2 においては、作動流体は固定スクロール 10、14 及び旋回スクロール 20、22 の組み合わせにより分割されて密閉された状態でスクロール型圧縮機 4 及びスクロール型膨張機 6 の内部を移動して、圧縮されかつ膨張する。このため熱エネルギーから運動エネルギーへの変換効率も優れている。

外部のエネルギー源は、作動流体に流路 30 a の管壁を介して伝熱して熱交換するのみでよいことから、更に小型化できる。更に、エネルギー源の圧力自体は問題とならず、排気などのエネルギー源の背圧には影響しない。

したがって、本実施形態のブレイトンサイクル装置 1 はエネルギー源の背圧を上昇させることなく、効率良く熱エネルギーを運動エネルギーに変換できる。このことから、本実施形態のブレイトンサイクル装置 1 を内燃機関に適用した場合において、内燃機関の排気背圧を上昇させることなく、効率良く排気熱エネルギーを回収することができる。

(2) . スクロール型圧縮機 4 の圧縮旋回スクロール 20 及びスクロール型膨張機 6 の膨張旋回スクロール 22 は、クランク軸 24 a によって旋回運動する旋回隔壁 18 の両側に設けられている。旋回隔壁 18 の圧縮旋回スクロール 20 側には、内部に圧縮固定スクロール 10 が形成された圧縮機ケース 8 が摺動可能に密着状態あるいは狭い空隙を挟んで対峙する状態に取り付けられる。よって、圧縮旋回スクロール 20 及び圧縮固定スクロール 10 が組み合わせられてスクロール型圧縮機 4 が形成されている。旋回隔壁 18 の膨張旋回スクロール 22 側には、内部に膨張固定スクロール 14 が形成された膨張機ケース 12 が摺動可能に密着状態あるいは狭い空隙を挟んで対峙する状態に取り付けられる。よって、膨張旋回スクロール 22 及び膨張固定スクロール 14 が組み合わせられてスクロール型膨張機 6 が形成されている。

このようにスクロール型圧縮機 4 及びスクロール型膨張機 6 が形成されていることにより、一層、ブレイトンサイクル装置 1 を簡単化かつ小型化することが可能となる。

(3) . 上述のごとく旋回隔壁 18 は膨張機ケース 12 を覆っている。よって、旋回隔壁 18 は、スクロール型膨張機 6 に導入される高温の作動流体に曝される。しかし旋回隔壁 18 には、膨張機ケース 12 と反対側から圧縮機ケース 8 が接触可能である。よって、スクロール型膨張機 6 から旋回隔壁 18 へ伝えられる熱は、圧縮機ケース 8 によって奪われて外界に放出される。

このような圧縮機ケース 8 による放熱作用により旋回隔壁 18 の高温化を抑制

できる。よって、旋回隔壁 18 の熱変形を抑制して旋回隔壁 18 の寸法精度を維持できる。したがって、作動流体の断熱処理装置 2 からの漏洩を防止し、旋回隔壁 18 の旋回時の摩擦係数が高くなるのを防止して高いエネルギー変換効率を維持できる。

このことにより、特に旋回隔壁 18 やスクロール型圧縮機 4 に、耐熱性が低い軽合金を用いることも可能となり、ブレイトンサイクル装置 1 の一層の軽量化に貢献できる。

(4) . スクロール型圧縮機 4 は作動流体導入ポート 9 b から大気（空気）を取り込んで作動流体とし、スクロール型膨張機 6 は膨張後の作動流体を作動流体放出ポート 13 b から大気中に放出している。このように大気を作動流体として利用しているので、作動流体の放熱装置は不要であり、ブレイトンサイクル装置 1 の構成がより簡単化及び小型化する。

次に、本発明の第 2 の実施形態を説明する。本実施形態では、図 15 に示すごとく構成されたブレイトンサイクル装置 51 を利用して、車載用内燃機関 Eng の排気熱エネルギーの回収する。断熱処理装置 52 はスクロール型圧縮機 54 及びスクロール型膨張機 56 からなるが、スクロール型圧縮機 54 及びスクロール型膨張機 56 の内部構成は前記第 1 の実施形態にて説明したスクロール型圧縮機 4 及びスクロール型膨張機 6 の構成と同じである。

本実施形態は以下の点で前記第 1 の実施形態と異なる。即ち、圧縮機ケース 58 の端面 58 a には、図 15 及び図 16 に示すごとく突起状の放熱フィン 58 b が多数設けられている。放熱フィン 58 b により、内部の旋回隔壁 18 から圧縮機ケース 58 に伝達される熱を外部に放出している。すなわち放熱フィン 58 b は、旋回隔壁 18 が高温のスクロール型膨張機 56 から受けた熱を、圧縮機ケース 58 を介して放熱する放熱効率を高めるために設けられている。

更に膨張機ケース 6 2 の端面 6 2 a にも図 1 5 及び図 1 7 に示すごとく突起状の吸熱フィン 6 2 b が多数設けられている。膨張機ケース 6 2 の端面 6 2 a にはカバー 6 2 c が配置されている。カバー 6 2 c は圧縮作動流体吸入ポート 6 3 a 及び吸熱フィン 6 2 b を覆って、吸熱室 6 2 d を区画する。加熱装置 8 0 にて加熱された作動流体は吸熱室 6 2 d に導入される。よって、吸熱室 6 2 d に導入された作動流体により吸熱フィン 6 2 b が加熱される。吸熱室 6 2 d に開口している圧縮作動流体吸入ポート 6 3 a は、加熱された作動流体を吸入できる。このため、吸熱室 6 2 d に導入された作動流体により、吸熱フィン 6 2 b から、吸熱室 6 2 d の壁部の端面 6 2 a を介して、膨張機ケース 6 2 内部の作動流体が加熱される。よって、スクロール型膨張機 5 6 における作動流体の膨張による圧力低下が少ない。したがって、スクロール型膨張機 5 6 における膨張率が高くても、作動流体を大気圧状態にして作動流体放出ポート 6 3 b から放出できる。したがって、ブレイトンサイクル装置 5 1 は、一層、高効率にて排気熱エネルギーを回収できる。

加熱装置 8 0 は、作動流体を二重管 8 0 b の全長に通過させるための経路 8 0 c と、二重管 8 0 b の一部のみに作動流体を通過させるための経路 8 0 d との 2 つの作動流体用経路を有する。分配弁 8 0 e により、スクロール型圧縮機 5 4 から供給される圧縮作動流体の経路分配状態が調整可能となっている。本実施形態における経路 8 0 c、8 0 d の分配率は、吸熱室 6 2 d における圧縮作動流体吸入ポート 6 3 a の開口部分に設けられた温度センサ 8 1 から検出される作動流体供給温度が、予め設定した基準温度になるように調節される。すなわち、吸熱フィン 6 2 b によって作動流体が吸熱された後に、圧縮作動流体吸入ポート 6 3 a に到達した時の作動流体の温度が、スクロール型膨張機 5 6 における膨張開始に適切な基準温度となるように、分配弁 8 0 e の分配率が調節される。

ブレイトンサイクル装置 5 1 のクランク軸 7 4 a は、内燃機関 E n g の出力によりブレイトンサイクル装置 5 1 の駆動開始時に回転される。しかし、ブレイトンサイクル装置 5 1 の駆動開始後は、クランク軸 7 4 a は加熱装置 8 0 を通過す

る排気の熱エネルギーにより、内燃機関E n gの出力に対して自立して回転するので、クランク軸7 4 aは内燃機関E n gから切り離される必要がある。このため、内燃機関E n gの出力軸6 4とブレイトンサイクル装置5 1のクランク軸7 4 aとの間には電磁クラッチ9 2が設けられている。

上記分配弁8 0 eの分配率制御及び電磁クラッチ9 2の係合・解放制御は、電子制御ユニット（E C U）9 4により、内燃機関E n gの運転状態に基づいて実行される。

例えば、内燃機関E n gの始動前では電磁クラッチ9 2を解放状態とし、内燃機関E n gの始動後に十分に内燃機関排気温度が上昇したタイミングで、電磁クラッチ9 2を係合して内燃機関E n gの出力でブレイトンサイクル装置5 1のクランク軸7 4 aを回転させる。E C U 9 4は、温度センサ8 1にて検出される作動流体温度が例えば3 5 0℃となるように、バルブアクチュエータ8 0 fを駆動して分配弁8 0 eを調節する。

この後、E C U 9 4は電磁クラッチ9 2を解放する。よって、ブレイトンサイクル装置5 1のクランク軸7 4 aの自立回転により、排気熱エネルギー回収のための装置、ここでは発電機9 6がクランク軸7 4 aによって回転させられる。よって、排気熱エネルギーは電気エネルギーとして回収されて、車両用電源として使用されたりバッテリーに蓄えられる。

上述した構成において、膨張機ケース6 2は、高温の作動流体に直接接触するので耐熱性材料（例えば鋳鉄などの鉄合金）製である。圧縮機ケース5 8は、作動流体が比較的低温なので高熱伝導性材料（特にアルミニウム合金などの軽合金）製である。旋回隔壁1 8は、圧縮機ケース5 8に熱を伝えることによって冷却されるように高熱伝導性材料製とする。

以上説明した第2の実施形態は以下の利点を有する。

(1) . 圧縮機ケース 58 には放熱フィン 58b が形成されている。よって、圧縮機ケース 58 は熱を外界に放出しやすいので、前記第 1 の実施形態の (3) に述べた利点が顕著となる。

(2) . 膨張機ケース 62 の端面 62a がカバー 62c によって覆われて吸熱室 62d が区画されている。よって、前述したごとく膨張機ケース 62 の端面 62a を有する膨張機ケース 62 の壁部を介して、スクロール型膨張機 56 内部で膨張中の作動流体を加熱できる。しかも端面 62a には吸熱フィン 62b が形成されている。よって、端面 62a における熱伝達が良好となり、構成を複雑化せずに、ブレイトンサイクル装置 51 において一層効率良く熱エネルギーを運動エネルギーに変換できる。

(3) . 排気管は二重管 80b である。加熱装置 80 は、高温気体（ここでは内燃機関 Eng の排気）と作動流体との間で熱交換を行うための熱交換器として構成される。ブレイトンサイクル装置 51 は排気熱エネルギーを運動エネルギーとして回収している。このため内燃機関 Eng の排気背圧を上昇させることなく、効率良く排気熱エネルギーを運動エネルギーに変換できる。

(4) . 上述したごとく圧縮機ケース 58 及び旋回隔壁 18 を軽合金化できる。よって、ブレイトンサイクル装置 51 全体も軽量化できる。したがって、ブレイトンサイクル装置 51 を車載用内燃機関に適用して、より燃費を向上させることができる。

(5) . 前記第 1 の実施形態の (1) 、 (2) 、 (4) の利点を生じる。

次に、本発明の第 3 の実施形態を説明する。図 18 にブレイトンサイクル装置 101 の概略構成を示す。このブレイトンサイクル装置 101 の断熱処理装置 102 を図 19、図 20 に示す。図 19 (A) は断熱処理装置 102 の正面図、図 19 (B) は背面図を表し、図 20 (A) は右側面図、図 20 (B) は左側面図を表している。

作動流体導入ポート 109b はスクロール型圧縮機 104 の外周部に突出して設けられ、作動流体放出ポート 113b はスクロール型膨張機 106 の外周部に突出して設けられている点は前記第 1 の実施形態と同じである。

ただし前記第 1 の実施形態と異なり、図 21～図 24 に示すごとく、圧縮機ケース 108 には圧縮作動流体排出ポート 9a は設けられておらず、膨張機ケース 112 には圧縮作動流体吸入ポート 13a は設けられていない。ここで図 21 は圧縮機ケース 108 の平面図、図 22 は膨張機ケース 112 の平面図、図 23 は圧縮機ケース 108 の斜視図、図 24 は膨張機ケース 112 の斜視図である。

これら圧縮作動流体排出ポート 9a 及び圧縮作動流体吸入ポート 13a の代わりに、図 25、26 に示すごとく旋回隔壁 118 の中心部に貫通孔 118c が形成されている。図 25 は旋回隔壁 118 の斜視図、図 26 (A) は旋回隔壁 118 の圧縮機側の面 118a を示す旋回隔壁 118 の平面図、図 26 (B) は旋回隔壁 118 の膨張機側の面 118b を示す旋回隔壁 118 の裏面図である。

スクロール型圧縮機 104 内では、図 27 の(1)～(8)に示すごとく旋回隔壁 118 が旋回する。圧縮機ケース 108 の圧縮固定スクロール 110 に対して旋回隔壁 118 の圧縮旋回スクロール 120 が運動することにより、作動流体導入ポート 109b からスクロール型圧縮機 104 に導入された作動流体が圧縮されて、旋回隔壁 118 の中心部にある貫通孔 118c に到達する。図 27 は圧縮固定スクロール 110 と圧縮旋回スクロール 120 との位置関係を説明するために、圧縮機ケース 108 側から見た旋回隔壁 118 とその上の圧縮機ケース 108 とを重ねて表示したものである。したがって、図 21 に対して図 27 は左右逆転して示されている。

圧縮状態の作動流体は、貫通孔 118c を通過することにより、図 18 にて破線 A p で示したごとくスクロール型圧縮機 104 からスクロール型膨張機 106

へ直ちに導入される。

スクロール型膨張機 106 内では、図 28 の(1)～(8)に示すごとく旋回隔壁 118 が旋回する。膨張機ケース 112 の膨張固定スクロール 114 に対して旋回隔壁 118 の膨張旋回スクロール 122 が運動することにより、貫通孔 118c からスクロール型膨張機 106 に導入された作動流体が膨張して、作動流体放出ポート 113b に到達する。

図 28 は膨張固定スクロール 114 と膨張旋回スクロール 122 との位置関係を説明するために、圧縮機ケース 108 側から見た旋回隔壁 118 とその下の膨張機ケース 112 とを重ねて表示したものである。

膨張機ケース 112 は熱源である流路 130a (図 18) に接触あるいは接合されている。よって、膨張機ケース 112 は、流路 130a を流れる流体と、流路 130a の管壁 (流路壁) を介して熱交換している。よって、作動流体は膨張機ケース 112 又は膨張固定スクロール 114 との接触による熱伝達により加熱されつつ膨張する。

このような構成にて旋回隔壁 118 が図 27, 28 における時計回りに旋回運動することにより、前記図 12 に示したブレイトンサイクルの P-V 線図における断熱圧縮行程、等圧加熱行程、断熱膨張行程が実現されている。

上述した構成において、膨張機ケース 112 は高温の流路 130a に接触し伝熱されて高温化する。よって、膨張機ケース 112 及び膨張固定スクロール 114 により作動流体が加熱される。よって、膨張機ケース 112 及び膨張固定スクロール 114 は耐熱性材料 (例えば鋳鉄などの鉄合金) 製である。膨張機ケース 112 及び膨張固定スクロール 114 は、アルミニウム合金などの軽合金製でもよい。圧縮機ケース 108 内の作動流体は比較的低温なので、圧縮機ケース 108 は高熱伝導性材料 (特にアルミニウム合金などの軽合金) 製である。旋回隔壁

118は、圧縮機ケース108に熱を伝えることによって冷却されるように高熱伝導性材料製である。

上述した構成により、流路130aから膨張機ケース112に伝達される熱エネルギーはクランク軸124aの回転エネルギーに変換される。

本実施形態のごとく膨張機ケース112を加熱した場合と、前記第1の実施形態のごとくに膨張機ケース112は加熱せずに別途作動流体を加熱した後に作動流体をスクロール型膨張機106に導入する場合との熱エネルギー変換効率の実験による比較を、図29のグラフに示す。本グラフは、加熱手法の違いによるスクロール型膨張機106でのトルク利得の差異を正確に示すために、スクロール型膨張機106のみをブレイトンサイクル装置101から切り離して、膨張機ケース112自体を加熱した場合のクランク軸124aの出力トルクと、膨張機ケース112に導入される作動流体を加熱した場合のクランク軸124aの出力トルクとを比較している。グラフの横軸は加熱による膨張機ケース112又は作動流体の上昇温度差 ΔT であり、縦軸はトルク利得(N・m)である。

図示したごとく、アルミニウム合金製膨張機ケース112を加熱する方が、作動流体を加熱する場合よりも熱エネルギー変換効率が高い。鋳鉄にて膨張機ケース112を作成した場合には、スクロール型膨張機106の機構のクリアランスが小さくでき、熱エネルギー変換効率が更に高くなっている。

以上説明した第3の実施形態によれば、以下の利点が得られる。

- (1)．前記第1の実施形態の(1)～(4)の利点を生じる。
- (2)．本実施の形態のブレイトンサイクル装置101は、作動流体を別途加熱するための加熱装置を設けることなく、スクロール型膨張機106内の作動流体を、熱源(流路130a)により伝熱にて加熱するように構成している。

このため圧縮作動流体経路が簡易な構成である。実際には圧縮作動流体経路は、

旋回隔壁 1 1 8 に形成された貫通孔 1 1 8 c である。

更に、スクロール型膨張機 1 0 6 の構成部材である膨張機ケース 1 1 2 及び膨張固定スクロール 1 1 4 を利用して、作動流体に熱を伝えて作動流体を加熱することができる。よって、ブレイトンサイクル装置 1 0 1 は一層簡素化かつ小型化される。

次に、本発明の第 4 の実施形態を説明する。図 3 0 に示すように本実施形態のブレイトンサイクル装置 2 0 1 は、前記第 1 の実施形態の図 1 に示した構成に対して、断熱処理装置 2 において、膨張機ケース 1 2 の周りに断熱材 2 0 1 a が配置されて、膨張機ケース 1 2 を保温している。他の構成は、前記第 1 の実施形態と同じであるので、同一の部材については同一の符号を付している。

以上説明した第 4 の実施形態によれば、以下の利点が得られる。

(1) . 前記第 1 の実施形態の (1) ~ (4) の利点を生じる。

(2) . 断熱材 2 0 1 a が膨張機ケース 1 2 の壁面を保温する。よって、スクロール型膨張機 6 内にて作動流体が断熱膨張する際に、膨張機ケース 1 2 を介して伝熱により外部へ熱が放出されるのを防止できる。

このように膨張機ケース 1 2 の壁面が保温されていることにより、スクロール型膨張機 6 から熱エネルギーが漏出するのを防止できる。よって、一層効率良く熱エネルギーを運動エネルギーに変換できる。

上記各実施形態は、以下のように変更可能である。

(a) . 前記第 2 の実施形態において用いたブレイトンサイクル装置の代わりに、図 1、図 1 8 あるいは図 3 0 に示したブレイトンサイクル装置を、内燃機関の排気熱エネルギー回収装置に用いてもよい。

上記各実施形態においては、内燃機関の排気熱エネルギー回収用に利用されるブレイトンサイクル装置は、スクロール型圧縮機及びスクロール型膨張機を用いた。

この内、スクロール型圧縮機の代わりに他の圧縮機、例えばスクリー型、ベーン型、ターボ型を用いることができる。スクロール型膨張機の代わりにタービン型を用いることができる。

スクロール型圧縮機及びスクロール型膨張機の代わりに容積型圧縮機や容積型膨張機を用いてもよい。作動流体を圧縮するための容積型圧縮機の運動にスクロール型膨張機を連動させることにより容積型圧縮機及びスクロール型膨張機を組み合わせたブレイトンサイクル装置としてもよい。

(b) . 図 8 に示したごとく旋回隔壁 18 は、3 つのクランク機構 24 にて支持されていたが、これに限らず、2 つのクランク機構 24 で旋回隔壁 18 を支持してもよく、4 つ以上のクランク機構 24 で支持してもよい。クランク機構 24 は円形であったが、図 31 に示すごとくクランク機構にバランサ 100 を設けて、ブレイトンサイクル装置駆動時の振動抑制効果を、より強めてもよい。前記第 3 の実施形態の旋回隔壁 118 についても同じである。

(c) . 図 16, 17 に示したごとく放熱フィン 58b 及び吸熱フィン 62b はそれぞれ突起状に形成していたが、平板や湾曲した板状に形成してもよい。

(d) . 前記第 3 の実施形態の圧縮機ケース 108 に、図 15, 16 に示したごとくの放熱フィン 58b を設けてもよい。このように構成すると圧縮機ケース 108 の熱を外界に放出しやすくなるので、前記第 1 の実施形態の (3) に述べた利点が顕著となる。

前記第 3 の実施形態では図 18 に示したごとく膨張機ケース 112 は熱源である流路 130a に接触あるいは接合されていることにより、流路 130a の管壁 (流路壁) を介して熱交換される。しかし、膨張機ケース 112 に最初から排気を通すための流路を形成しておき、この流路に排気を導いてもよい。

前記第 3 の実施形態の膨張機ケース 1 1 2 に関して、流路 1 3 0 a に接触あるいは接合している部分以外の圧縮機ケース 1 1 2 の外周部分を断熱材にて覆って保温してもよい。

(e) . 前記各実施形態では作動流体導入ポート及び作動流体放出ポートは大気開放されており作動流体は大気を用いていた。しかし、作動流体の経路を密閉型として、大気以外の気体を用いてもよい。この場合、放熱装置を設けるとよい。

(f) . 前記各実施形態では、旋回隔壁を挟むようにして圧縮旋回スクロール及び膨張旋回スクロールを形成することにより、圧縮機の運動に膨張機を連動させていた。この「連動」は、圧縮機及び膨張機の運動が統一的行われるように圧縮機を膨張機に連結することを意味する。したがって、圧縮機の運動に膨張機を連動させるとは、膨張機の運動に圧縮機を連動させることと同意である。ただし、前記各実施形態とは異なり、圧縮機を膨張機に直接、連結する構成に限らない。特に第 1、第 2、第 4 実施形態では、圧縮機と膨張機との間に軸やギアなどを配置することにより、圧縮機の運動に膨張機を連動させてもよい。

請求の範囲

1. 作動流体を圧縮するスクロール型圧縮機と、

該スクロール型圧縮機の旋回運動に連動するスクロール型膨張機であって、前記スクロール型圧縮機で圧縮された作動流体は前記スクロール型膨張機へ送られることと、

前記スクロール型圧縮機から前記スクロール型膨張機へ送られる圧縮された作動流体を加熱する加熱装置と

を備えたことを特徴とするブレイトンサイクル装置。

2. 請求項 1 において、前記スクロール型圧縮機は、圧縮機ケースと、この圧縮機ケースの内部に形成された圧縮固定スクロールと、圧縮機ケースに摺動可能に密着あるいは狭い空隙を挟んで対峙するように圧縮固定スクロールと組み合わせられる圧縮旋回スクロールとを有し、

前記スクロール型膨張機は、膨張機ケースと、この膨張機ケースの内部に形成された膨張固定スクロールと、膨張機ケースに摺動可能に密着あるいは狭い空隙を挟んで対峙するように膨張固定スクロールと組み合わせられる膨張旋回スクロールとを有し、

ブレイトンサイクル装置は更に、旋回運動する旋回隔壁を備え、前記圧縮旋回スクロール及び膨張旋回スクロールは、前記旋回隔壁を挟んで互いに反対側となるように前記旋回隔壁に設けられることを特徴とするブレイトンサイクル装置。

3. 請求項 2 において、前記スクロール型圧縮機は、前記スクロール型膨張機から前記旋回隔壁へ伝えられた熱を、前記圧縮機ケースを介して外界に放出することを特徴とするブレイトンサイクル装置。

4. 請求項 2 又は 3 において、前記膨張機ケースは、スクロール型膨張機に導入された膨張前の作動流体が導入される吸熱室を備え、該吸熱室を区画する壁部を介して、膨張中の作動流体が加熱されることを特徴とするブレイトンサイクル

装置。

5. 請求項1～4のいずれか一項において、前記スクロール型圧縮機は作動流体として大気を取り込んで圧縮し、前記スクロール型膨張機は膨張後の作動流体を大気に放出することを特徴とするブレイトンサイクル装置。

6. 請求項1～5のいずれか一項において、前記加熱装置は、熱交換により外部の熱を作動流体に伝達する熱交換器であることを特徴とするブレイトンサイクル装置。

7. 請求項1～6のいずれか一項において、前記膨張機の壁面が保温されていることを特徴とするブレイトンサイクル装置。

8. 作動流体を圧縮する容積型圧縮機と、

該容積型圧縮機の圧縮運動に連動して旋回運動するスクロール型膨張機であって、容積型圧縮機で圧縮された作動流体は前記スクロール型膨張機へ送られることと、

前記容積型圧縮機から前記スクロール型膨張機へ送られる圧縮された作動流体を加熱する加熱装置と
を備えたことを特徴とするブレイトンサイクル装置。

9. 請求項8において、前記膨張機の壁面が保温されていることを特徴とするブレイトンサイクル装置。

10. 内燃機関の排気熱エネルギーを運動エネルギーとして回収する内燃機関の排気熱エネルギー回収装置であって、この排気熱エネルギー回収装置はブレイトンサイクル装置を含み、該ブレイトンサイクル装置は、

作動流体を圧縮する圧縮機と、

圧縮機で圧縮された作動流体が送られる膨張機であって、圧縮機から膨張機へ

送られる圧縮された作動流体は、内燃機関の排気流路の流路壁から伝達される熱により加熱されることと

を備えることを特徴とする内燃機関の排気熱エネルギー回収装置。

11. 請求項10において、前記圧縮機はスクロール型圧縮機であり、前記膨張機はスクロール型膨張機であり、

前記ブレイトンサイクル装置は、前記スクロール型圧縮機から前記スクロール型膨張機へ送られる圧縮された作動流体を加熱する加熱装置を備え、この加熱装置は、熱を前記流路壁から作動流体に伝達するべく内燃機関の排気に接触するように配置される熱交換器であることを特徴とする内燃機関の排気熱エネルギー回収装置。

12. 請求項10又は11において、前記排気流路は、内側通路及び外側通路を有する二重管として構成され、内側通路及び外側通路の一方を通る排気が、他方を通る作動流体との間で熱交換されることを特徴とする内燃機関の排気熱エネルギー回収装置。

13. 請求項10において、前記圧縮機は、圧縮機ケースと、この圧縮機ケースの内部に形成された圧縮固定スクロールと、前記圧縮機ケースに摺動可能に密着あるいは狭い空隙を挟んで対峙するように前記圧縮固定スクロールと組み合わせられる圧縮旋回スクロールとを有するスクロール型圧縮機であり、

前記膨張機は、膨張機ケースと、この膨張機ケースの内部に形成された膨張固定スクロールと、前記膨張機ケースに摺動可能に密着あるいは狭い空隙を挟んで対峙するように前記膨張固定スクロールと組み合わせられる膨張旋回スクロールとを有するスクロール型膨張機であり、

ブレイトンサイクル装置は更に、前記スクロール型圧縮機から前記スクロール型膨張機へ送られる圧縮された作動流体を前記流路壁からの熱を用いて加熱する加熱装置と、旋回運動する旋回隔壁とを備え、前記圧縮旋回スクロール及び膨張旋回スクロールは前記旋回隔壁を挟んで互いに反対側となるように前記旋回隔壁

に設けられ、

前記旋回隔壁及び前記圧縮機ケースは高熱伝導性材料にて形成され、前記膨張機ケースは耐熱性材料にて形成されていることを特徴とする内燃機関の排気熱エネルギー回収装置。

14. 請求項13において、前記高熱伝導性材料としてアルミニウム合金が用いられ、前記耐熱性材料として鉄合金が用いられたことを特徴とする内燃機関の排気熱エネルギー回収装置。

15. 請求項10～14のいずれか一項において、前記膨張機の壁面が保温されていることを特徴とする内燃機関の排気熱エネルギー回収装置。

16. 膨張旋回スクロールと、この膨張旋回スクロールに組み合わされた膨張固定スクロールとを有するスクロール型膨張機と、

前記膨張旋回スクロールの旋回運動に連動して作動流体を圧縮する圧縮機と、
前記圧縮機から前記スクロール型膨張機へ圧縮された作動流体を供給するための圧縮作動流体経路と、

前記スクロール型膨張機内の作動流体を伝熱により加熱する熱源と
を備えたことを特徴とするブレイトンサイクル装置。

17. 請求項16において、前記圧縮機は容積型圧縮機であることを特徴とするブレイトンサイクル装置。

18. 請求項16又は17において、前記スクロール型膨張機は前記膨張固定スクロールに固定されるケースを有し、

前記熱源は前記ケースに接触することにより該ケース又は前記膨張固定スクロールを介して前記スクロール型膨張機内の作動流体を加熱することを特徴とするブレイトンサイクル装置。

19. 圧縮旋回スクロールが形成される第1の片面と、膨張旋回スクロールが形成される第2の片面とを有する旋回隔壁と、

前記圧縮旋回スクロールと、この圧縮旋回スクロールに組み合わせられる圧縮固定スクロールとを備えるスクロール型圧縮機と、

前記膨張旋回スクロールと、この膨張固定スクロールに組み合わせられる膨張固定スクロールとを備えるスクロール型膨張機と、

前記スクロール型圧縮機から前記スクロール型膨張機へ圧縮された作動流体を供給するための圧縮作動流体経路と、

前記スクロール型膨張機内の作動流体を伝熱により加熱する熱源とを備えたことを特徴とするブレイトンサイクル装置。

20. 請求項19において、前記スクロール型圧縮機は前記第1の片面に設けられる圧縮機ケースを有し、スクロール型膨張機は前記第2の片面に設けられる膨張機ケースを有し、前記圧縮作動流体経路は前記旋回隔壁に形成される貫通孔を有し、該貫通孔は前記圧縮機ケース内部を前記膨張機ケース内部に連通させることを特徴とするブレイトンサイクル装置。

21. 請求項19において、前記スクロール型膨張機は前記膨張固定スクロールに固定されるケースを有し、

前記熱源は前記ケースに接触することにより、該ケース又は前記膨張固定スクロールを介して前記スクロール型膨張機内の作動流体を加熱することを特徴とするブレイトンサイクル装置。

22. 排気流路を通じて内燃機関から排出される排気熱エネルギーを運動エネルギーとして回収する排気熱エネルギー回収装置であって、排気熱エネルギー回収装置は、作動流体が送られる膨張機を有するブレイトンサイクル装置を備え、

前記膨張機へ送られた作動流体は、排気流路の流路壁から伝達される熱により加熱されることを特徴とする内燃機関の排気熱エネルギー回収装置。

23. 請求項22において、

前記膨張機は、膨張旋回スクロールと、膨張旋回スクロールに組み合わされた膨張固定スクロールとを有するスクロール型膨張機であり、

前記ブレイトンサイクル装置は更に、

作動流体を圧縮するべく、前記膨張旋回スクロールの旋回運動に連動する圧縮機と、

前記圧縮機から前記スクロール型膨張機へ作動流体を供給するための圧縮作動流体経路と、

前記スクロール型膨張機内の作動流体を伝熱により加熱する熱源であって、この熱源として内燃機関の排気が用いられることと
を備えることを特徴とする内燃機関の排気熱エネルギー回収装置。

図 1

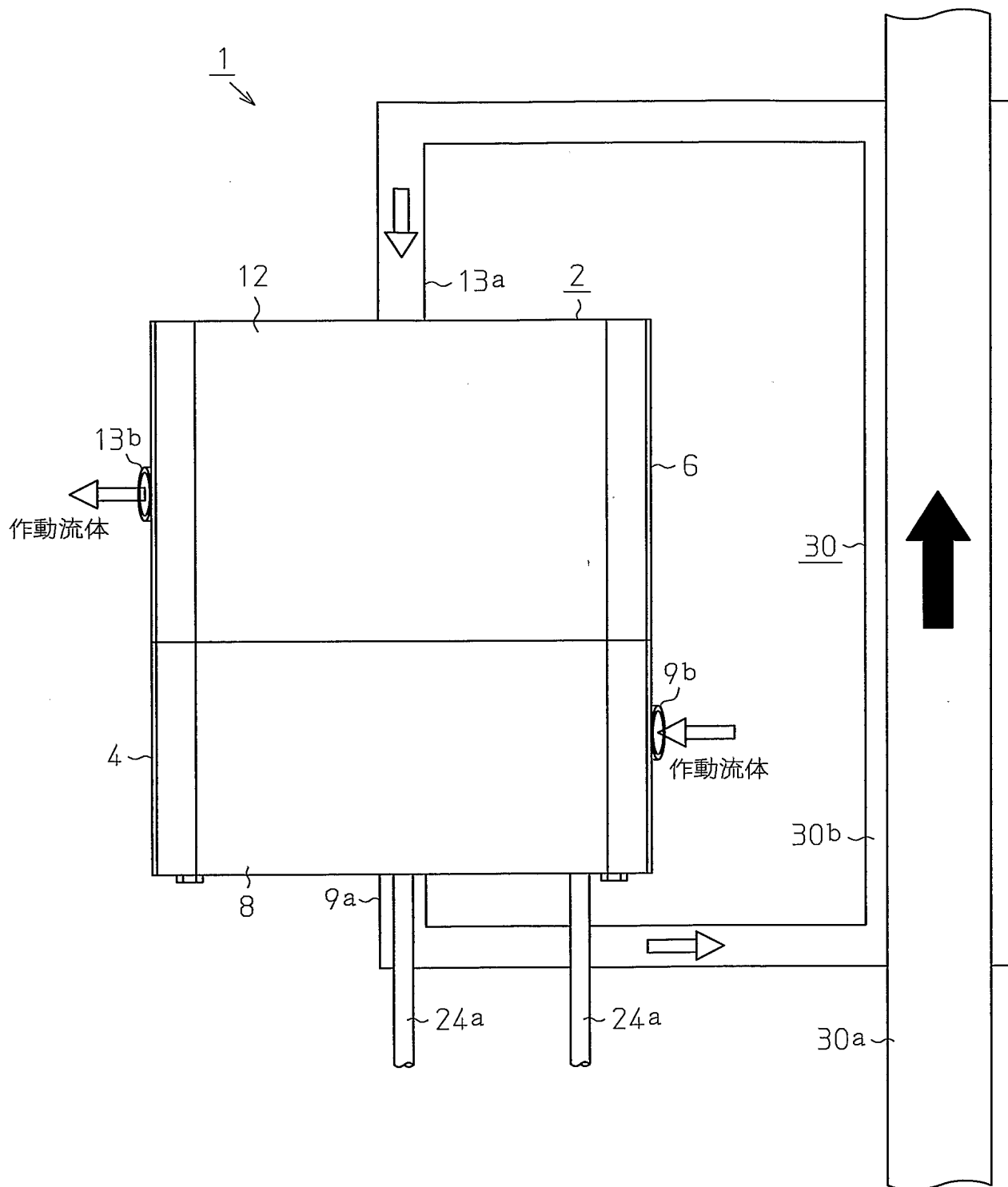


図 2

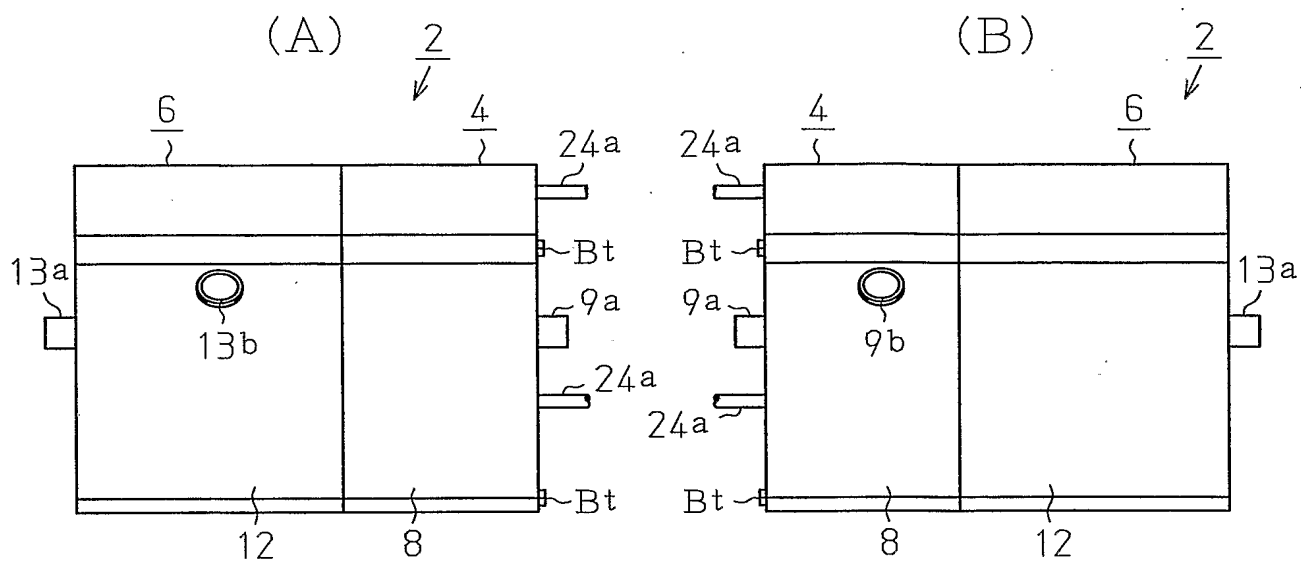


図 3

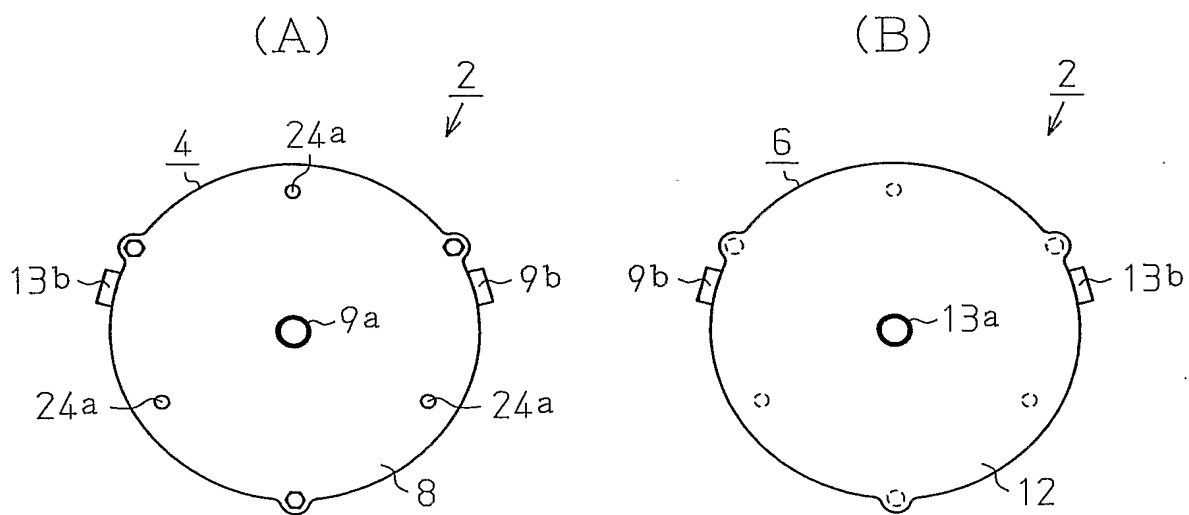


図 4

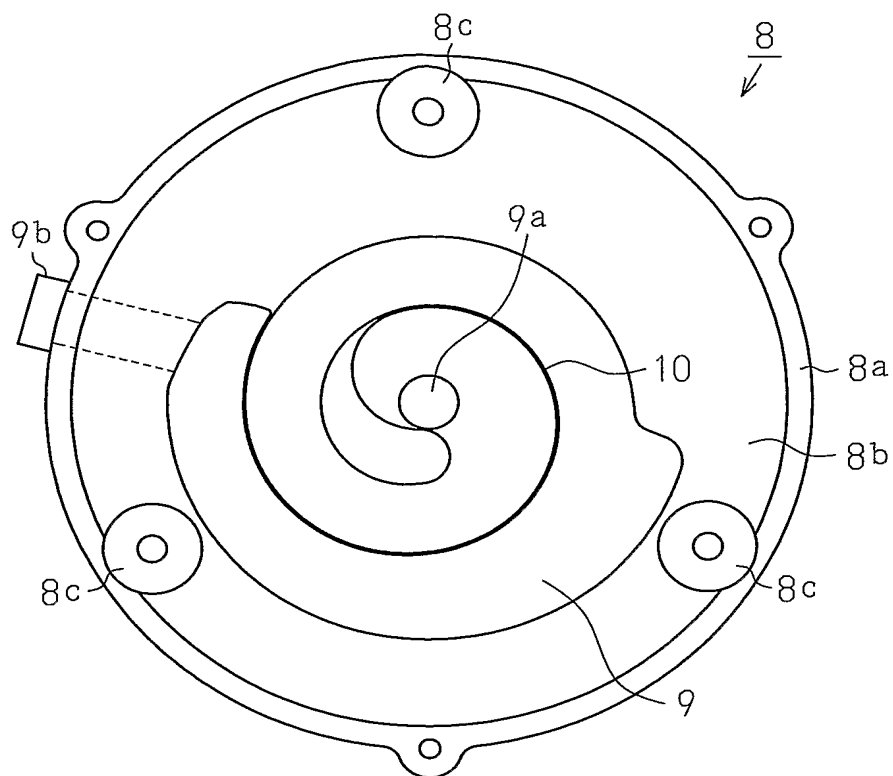
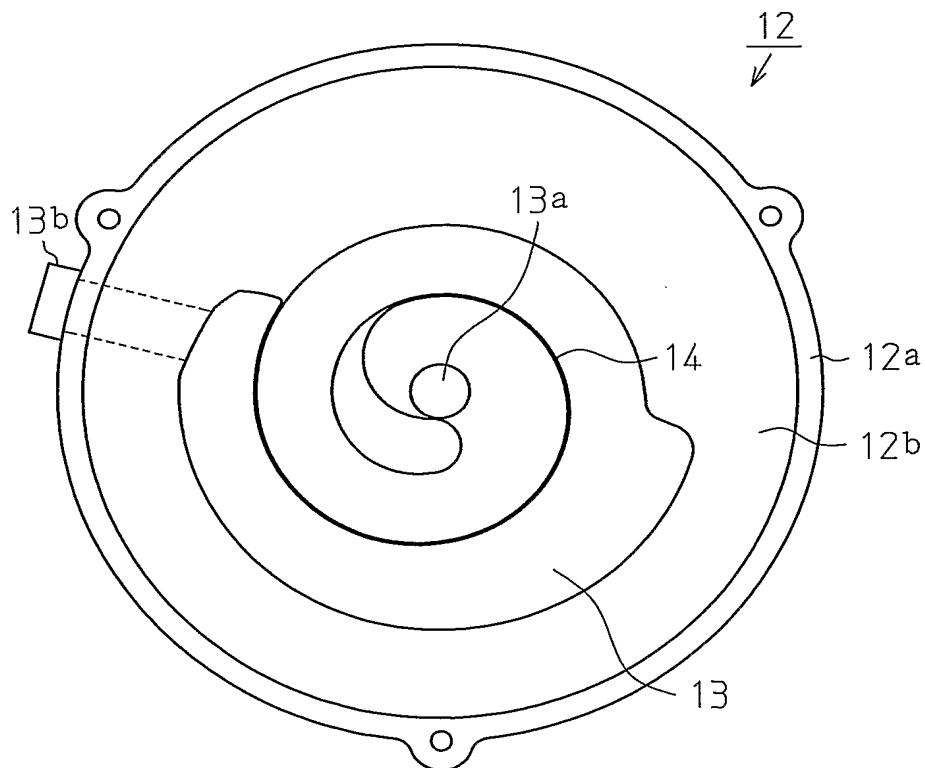
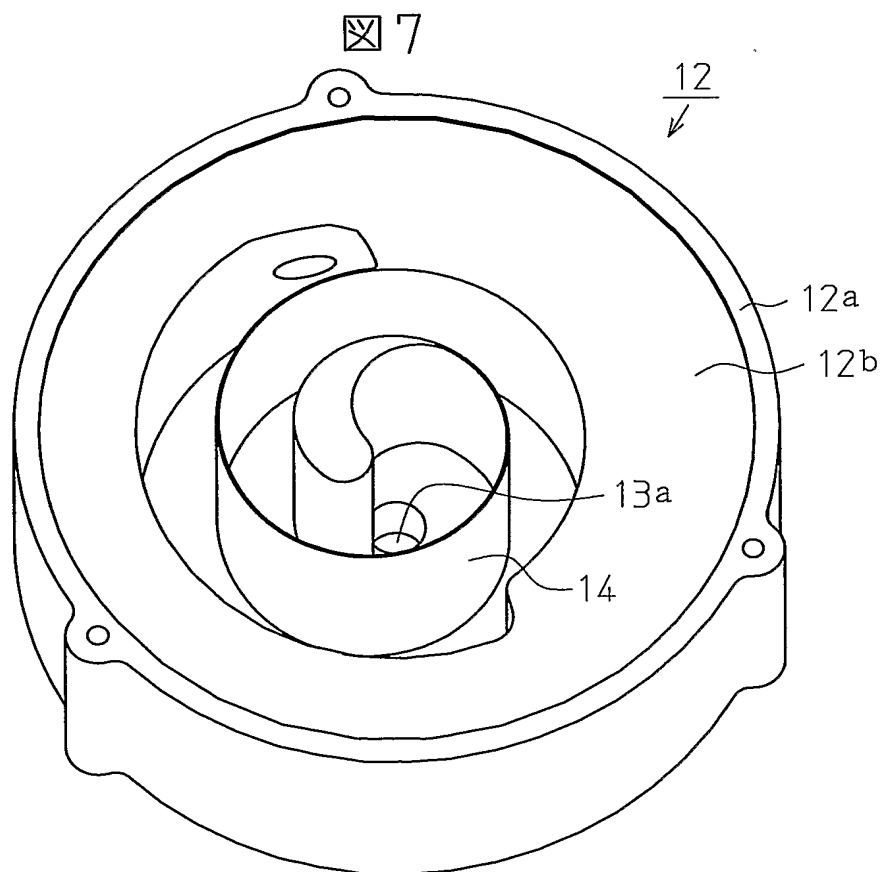
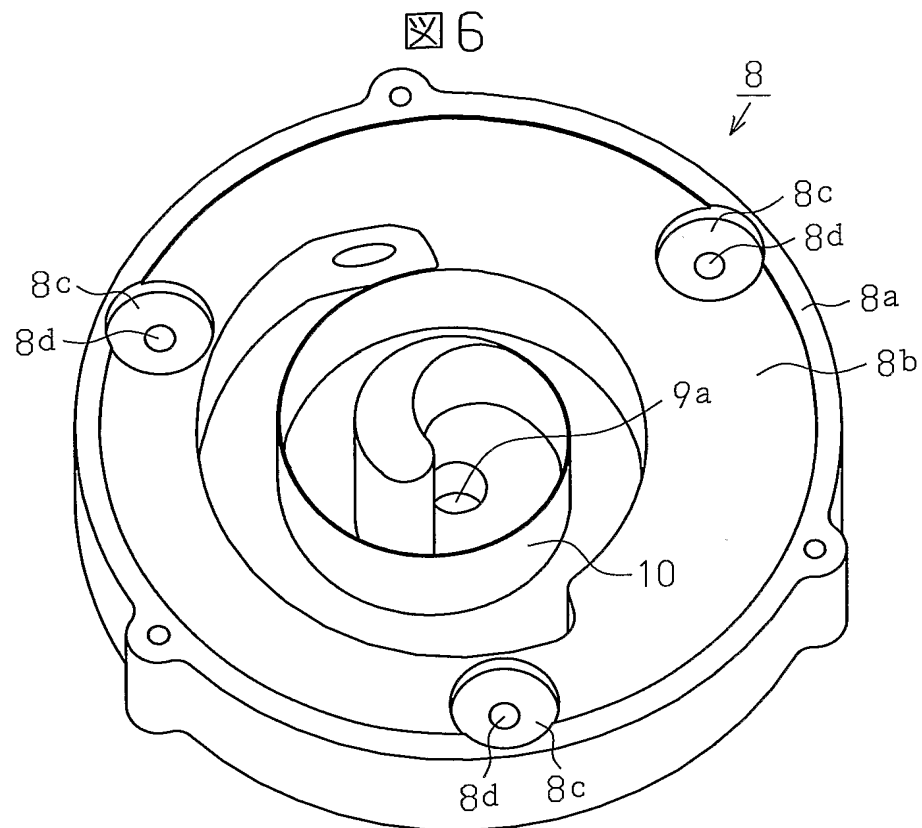


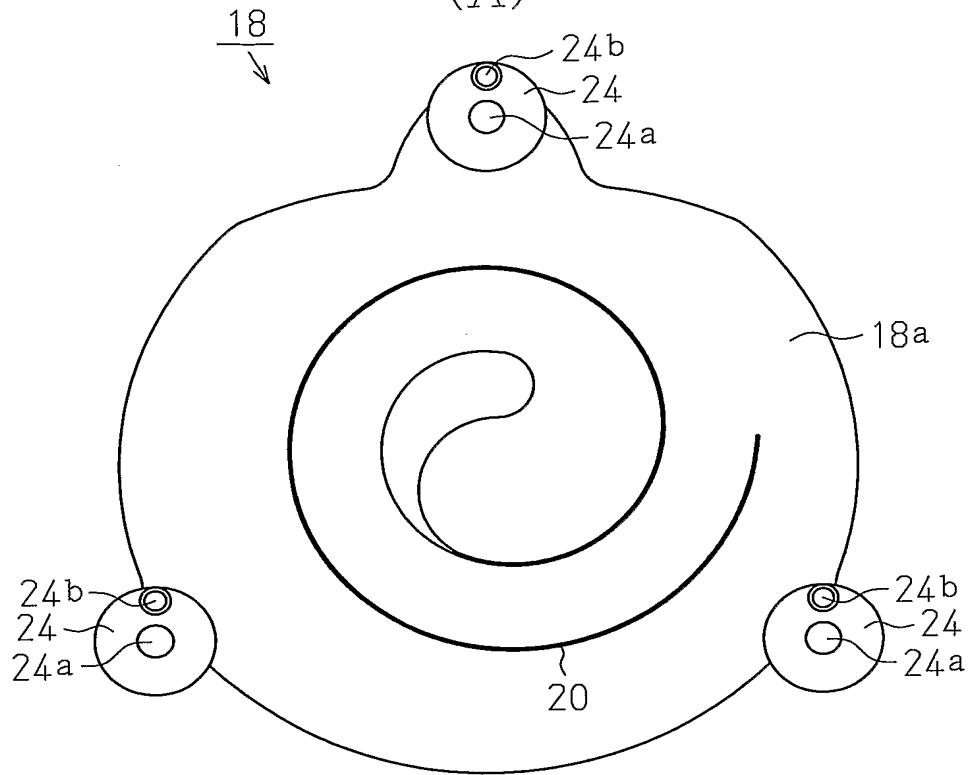
図 5





8

(A)



(B)

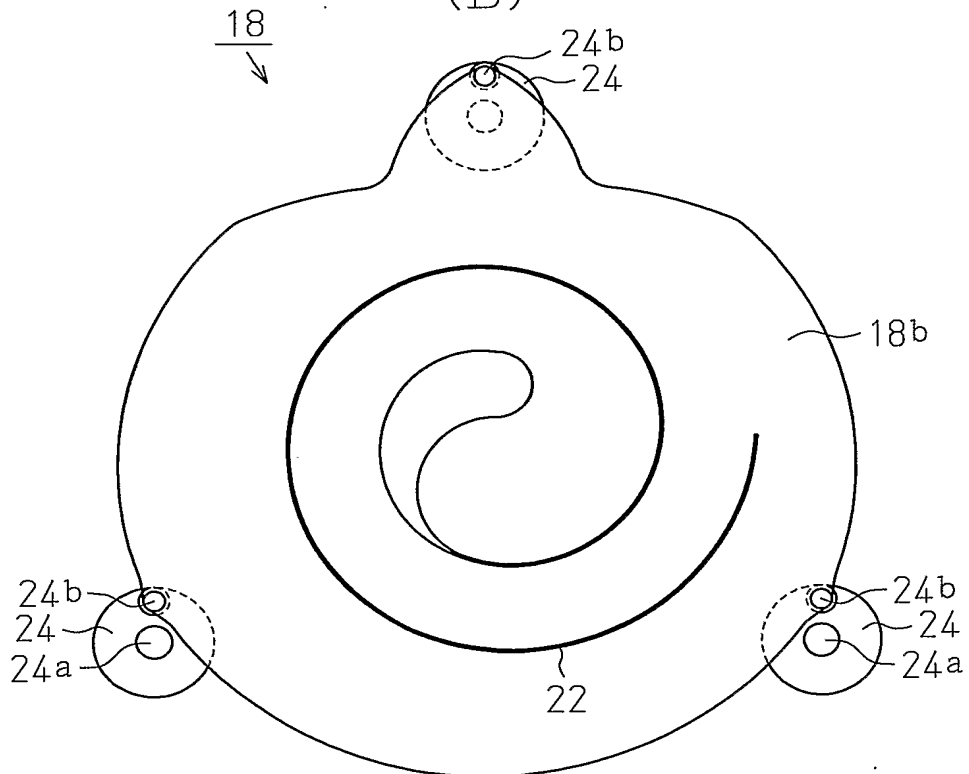
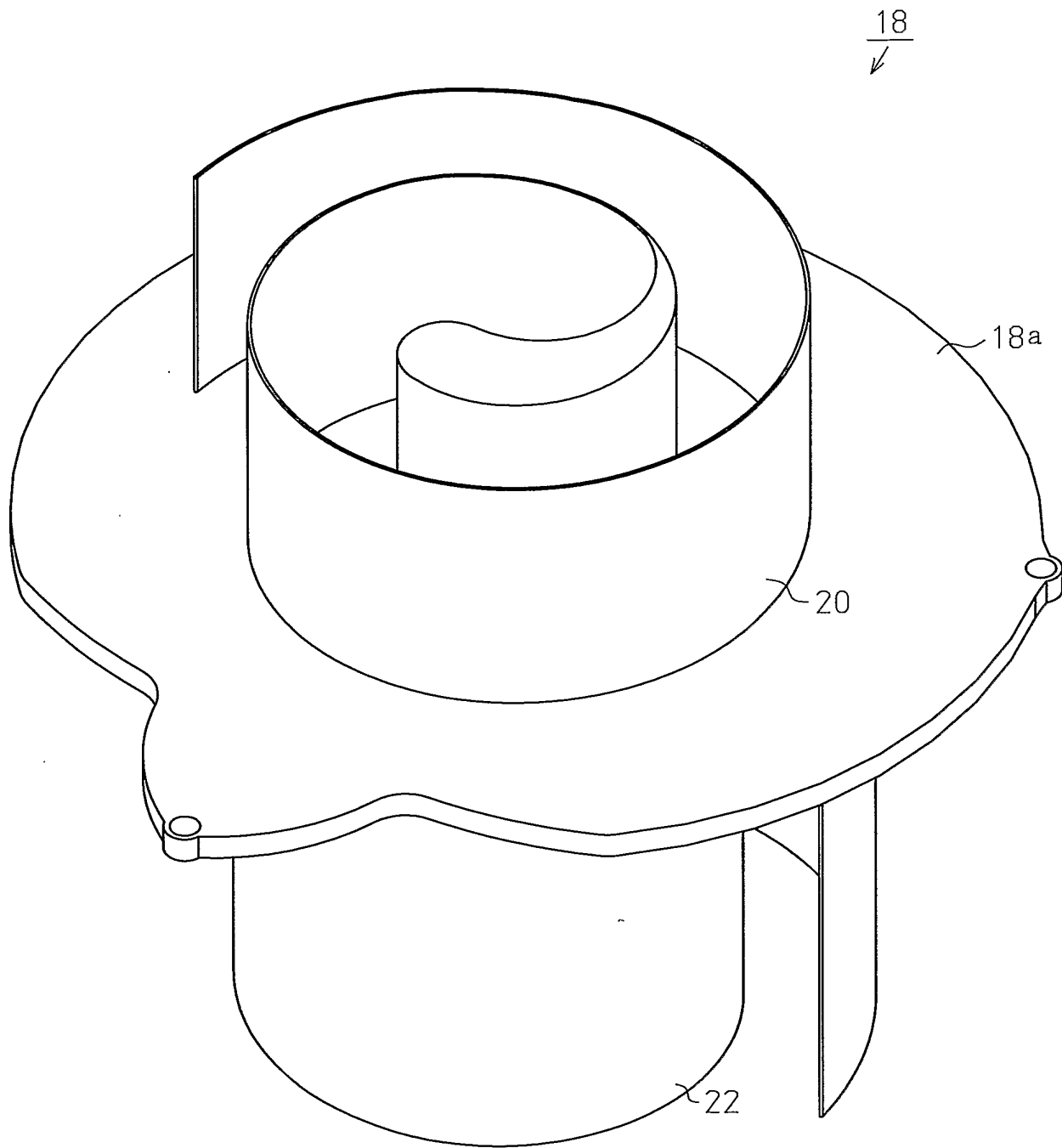
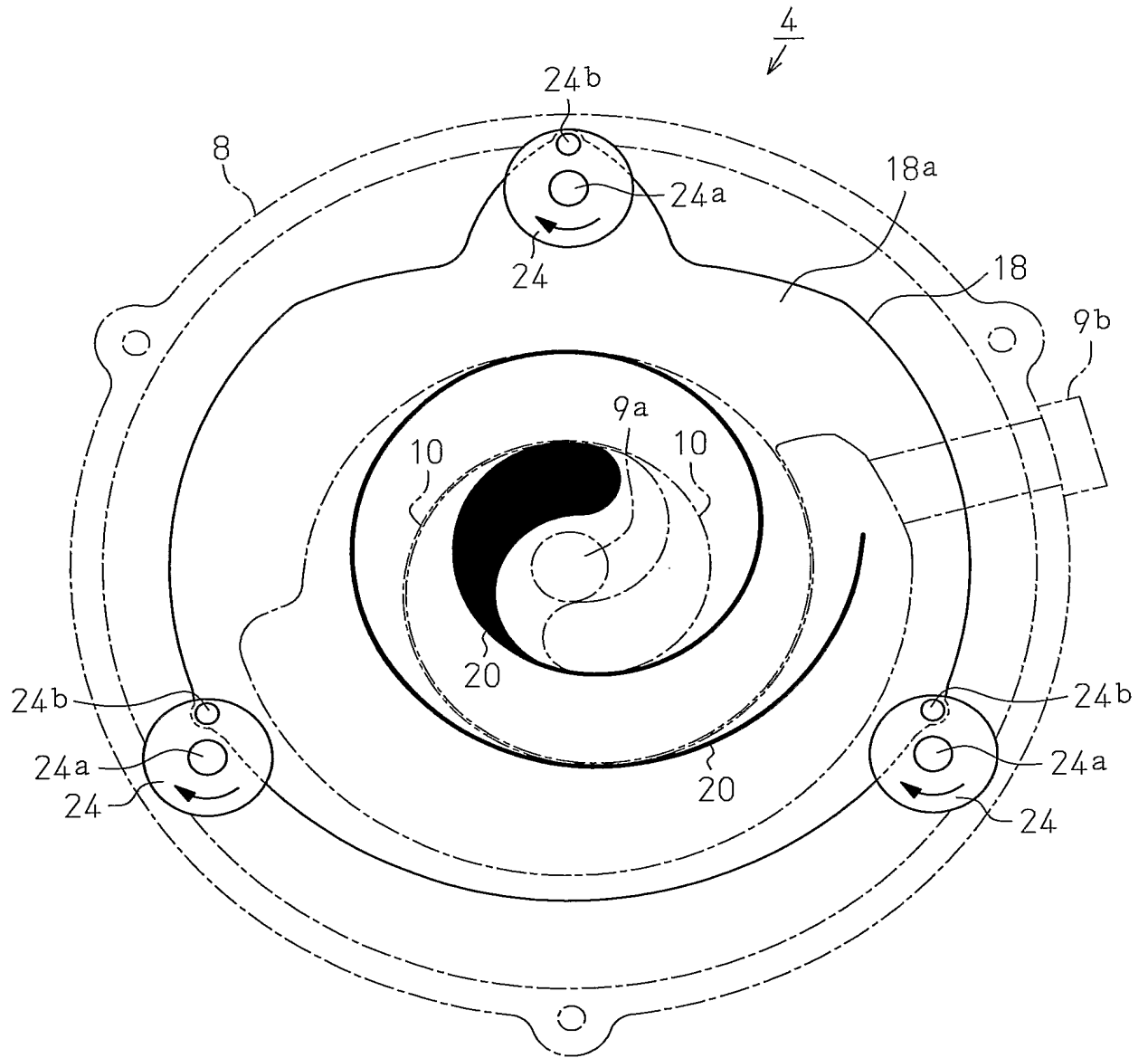


図 9



☒ 10



11

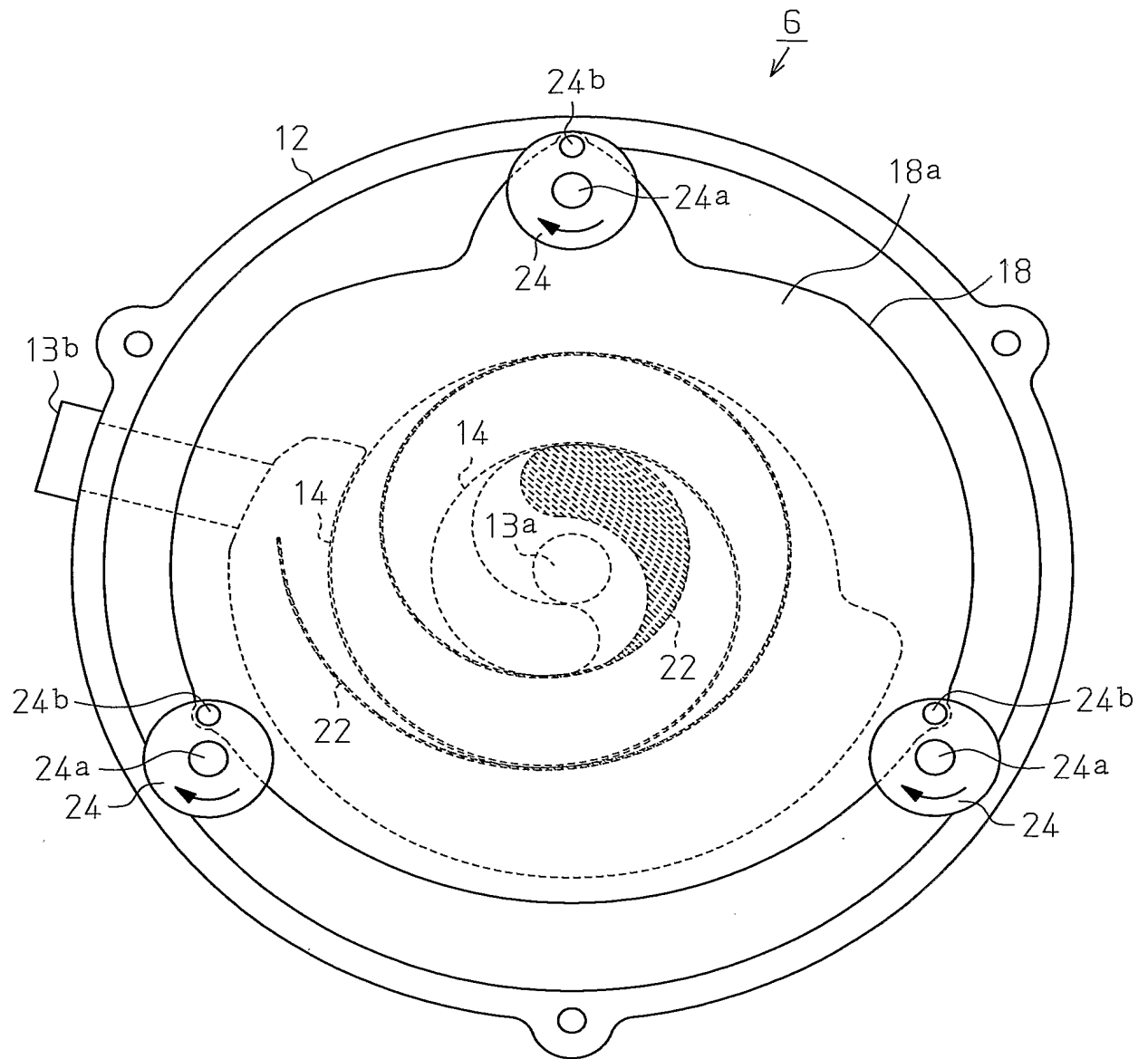


図 12

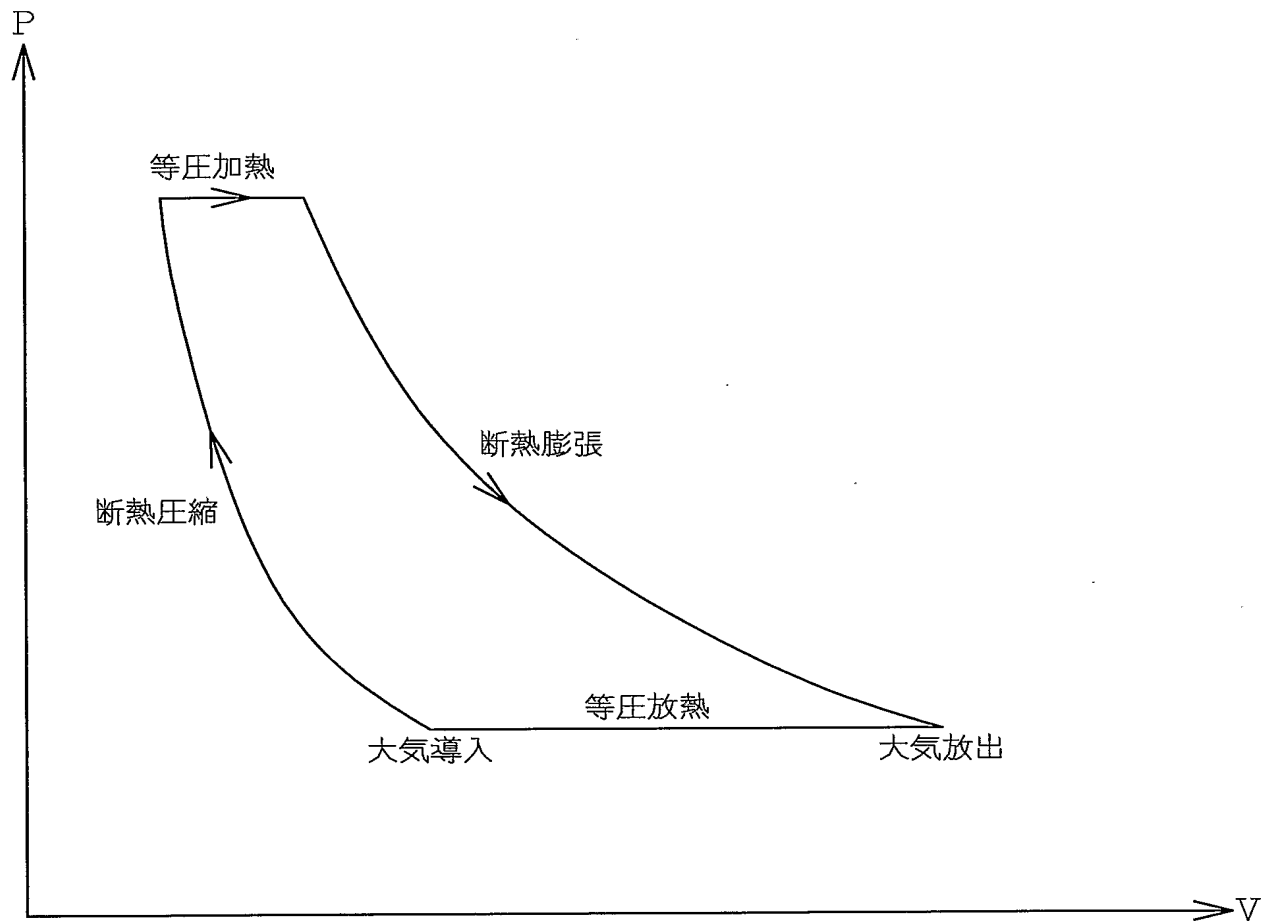


図 13

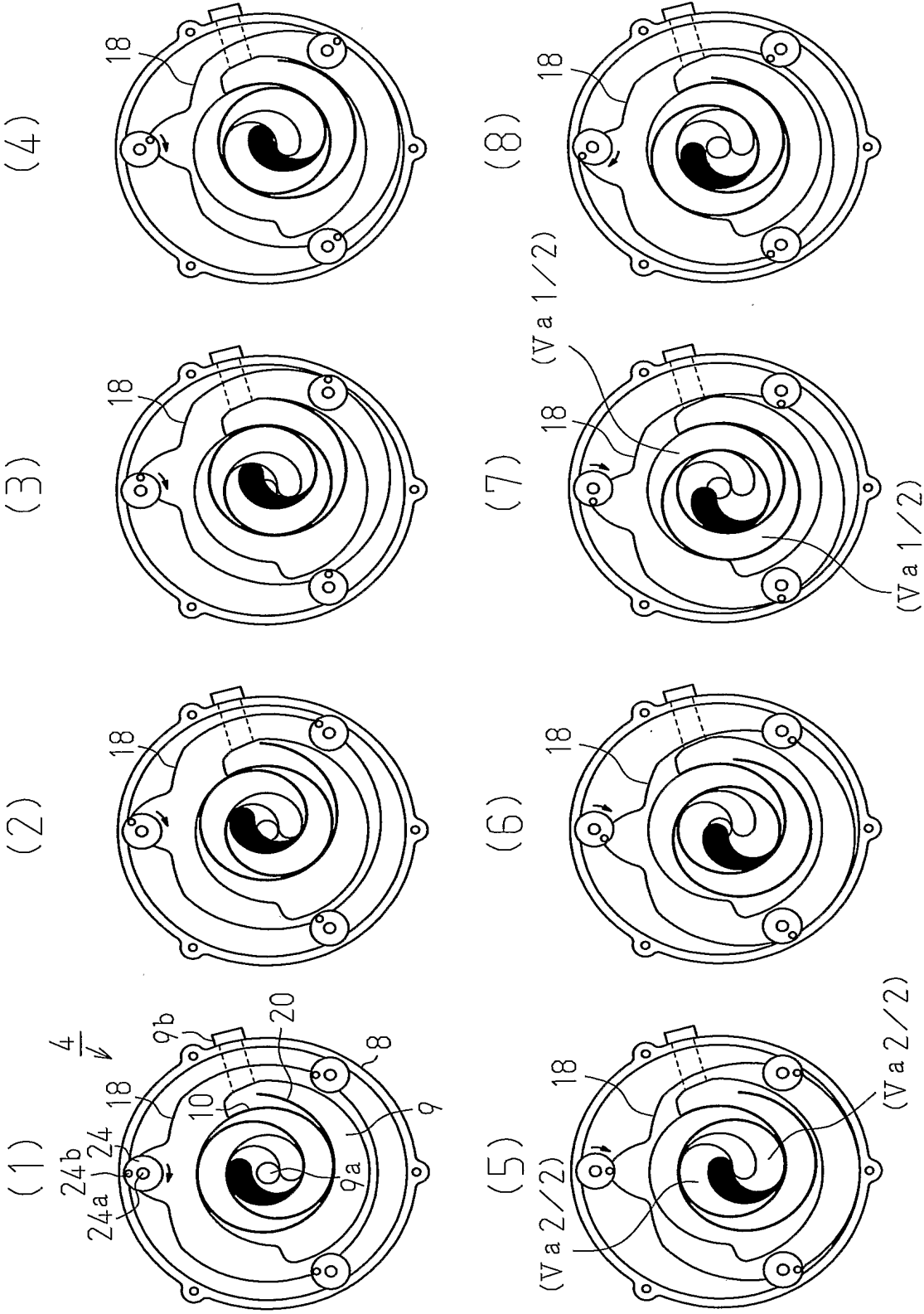


図 14

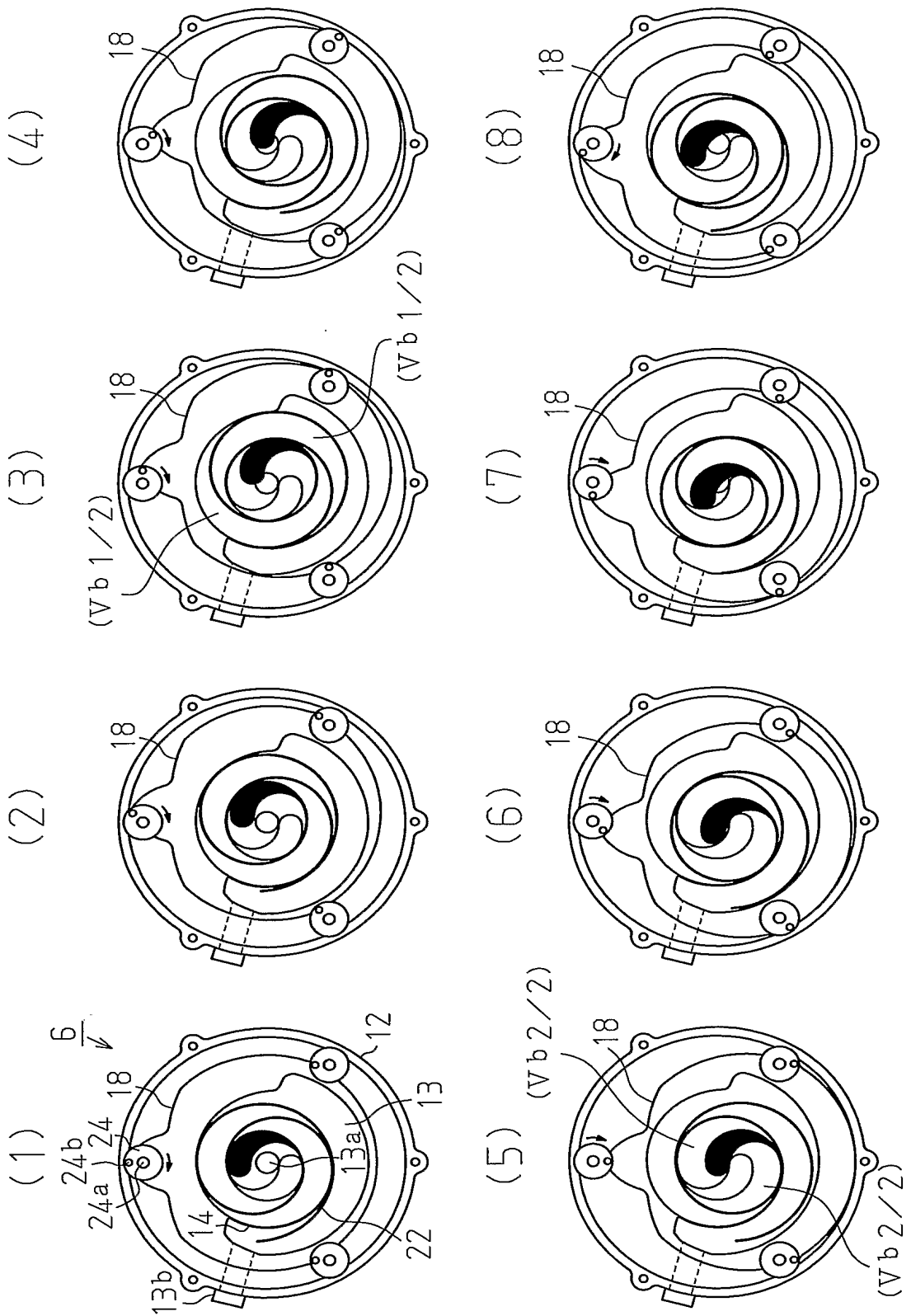


図 15

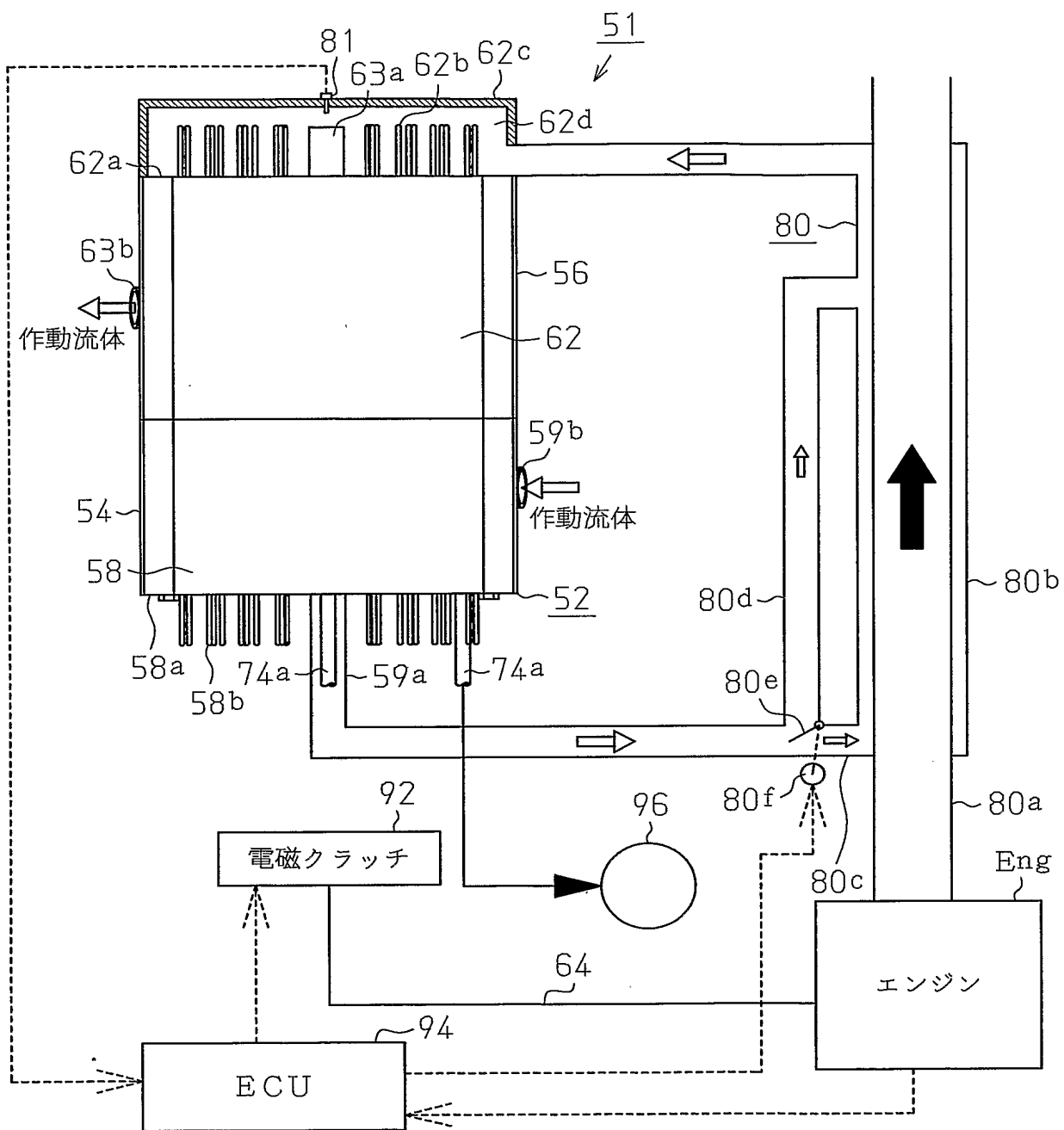


図 16

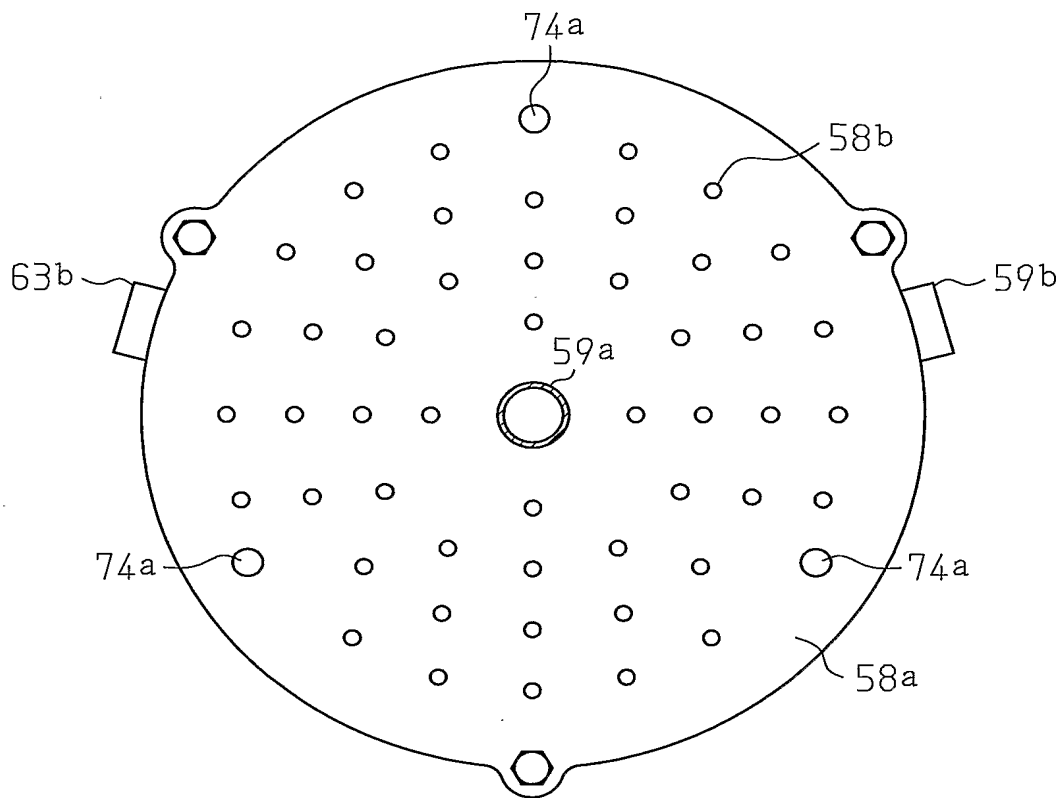


図 17

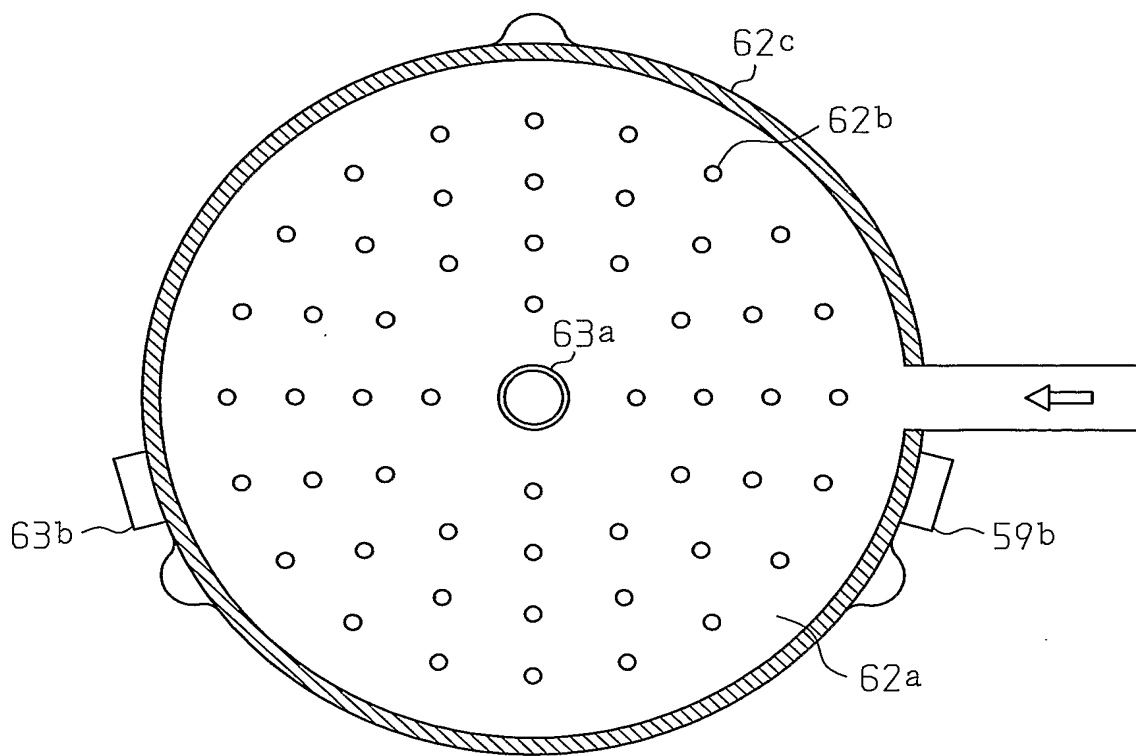


図 18

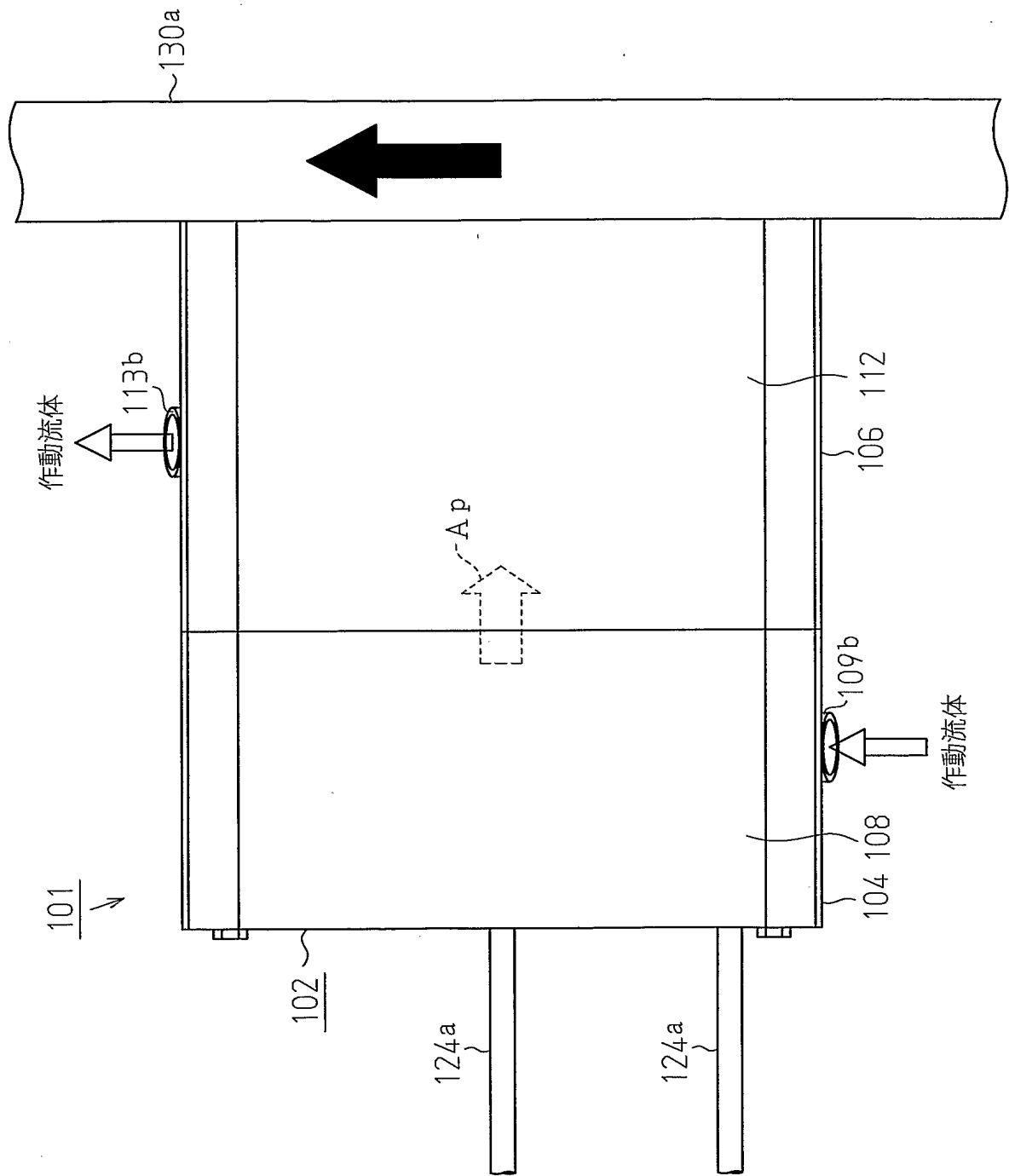


図 19

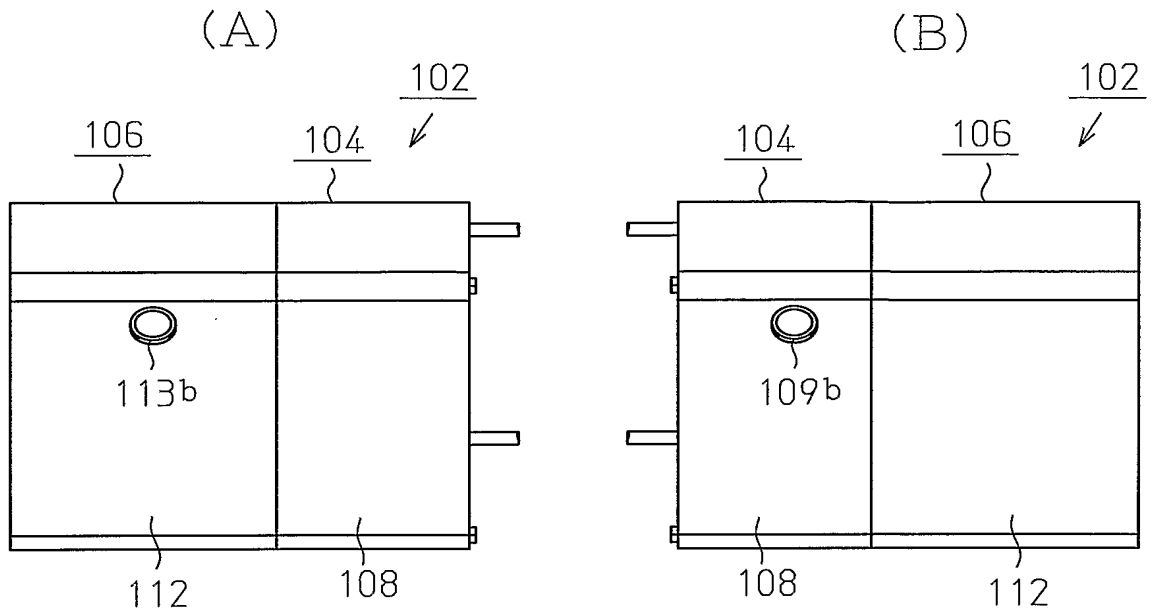


図 20

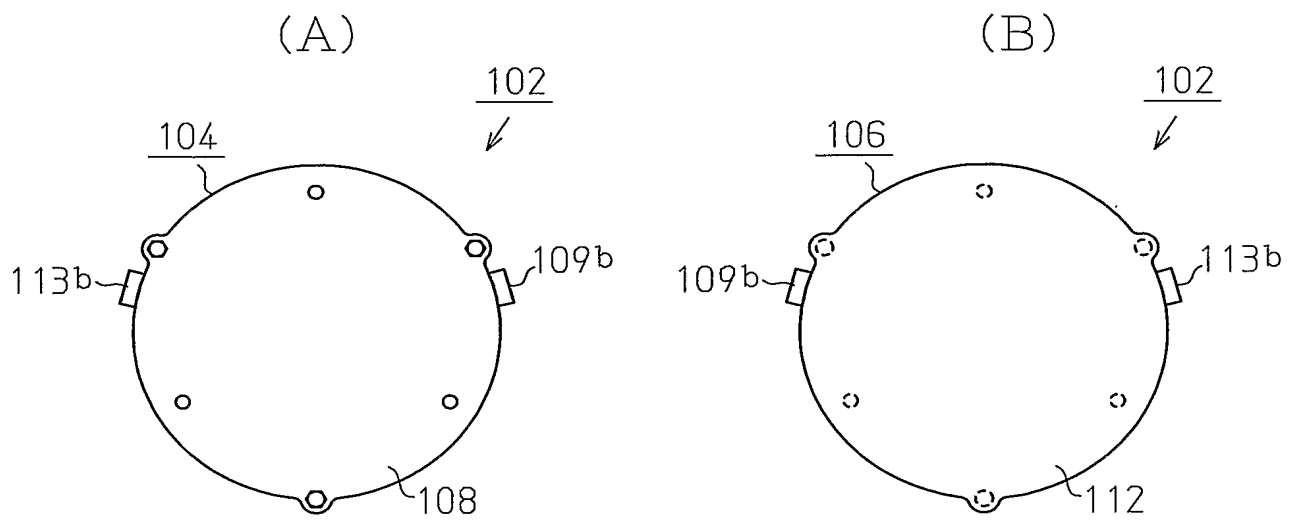


図 2 1

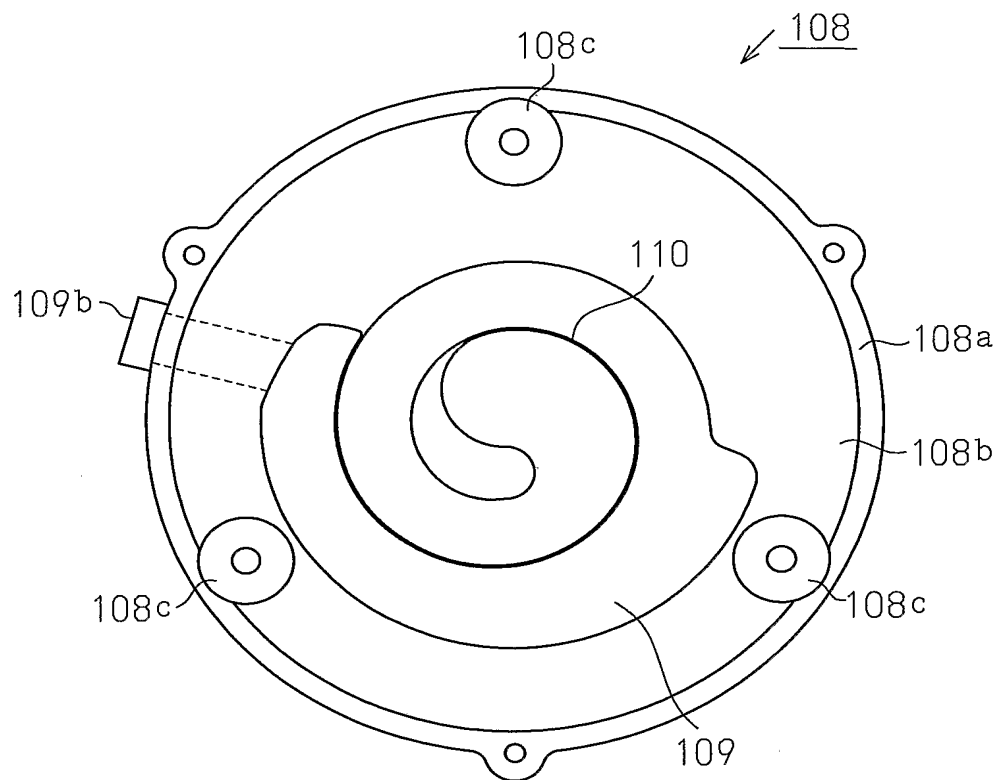


図 2 2

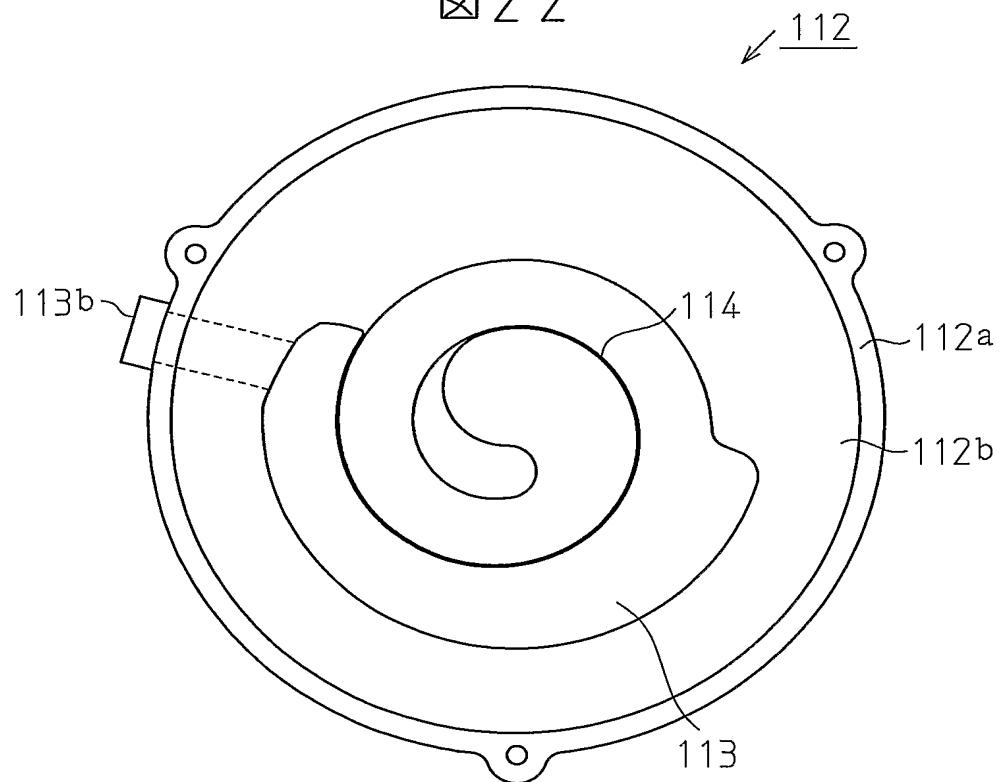


図 23

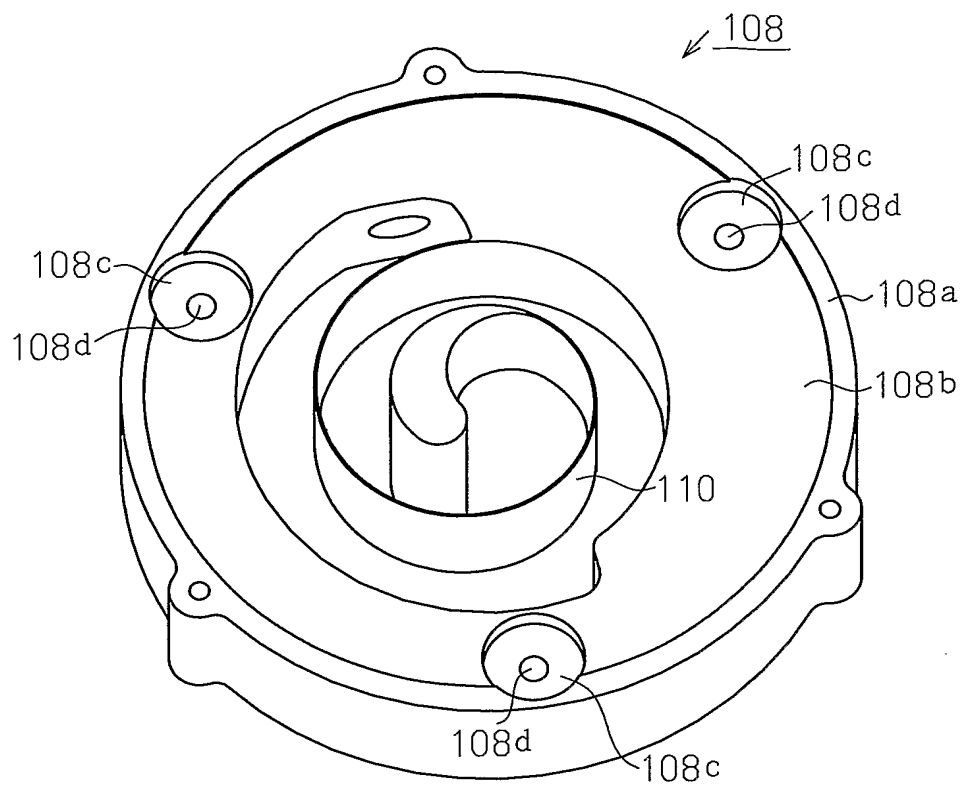


図 24

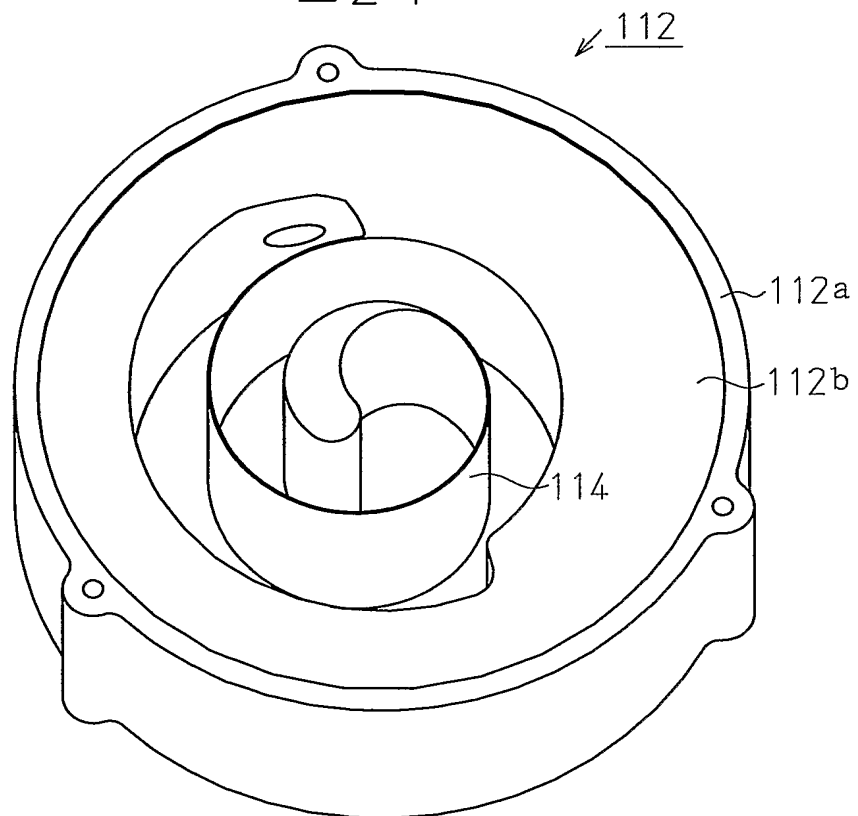


図 25

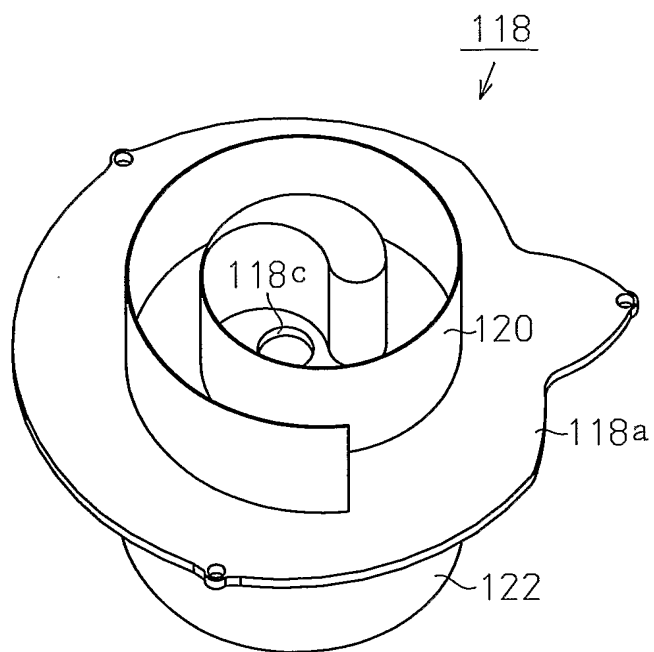


図 26

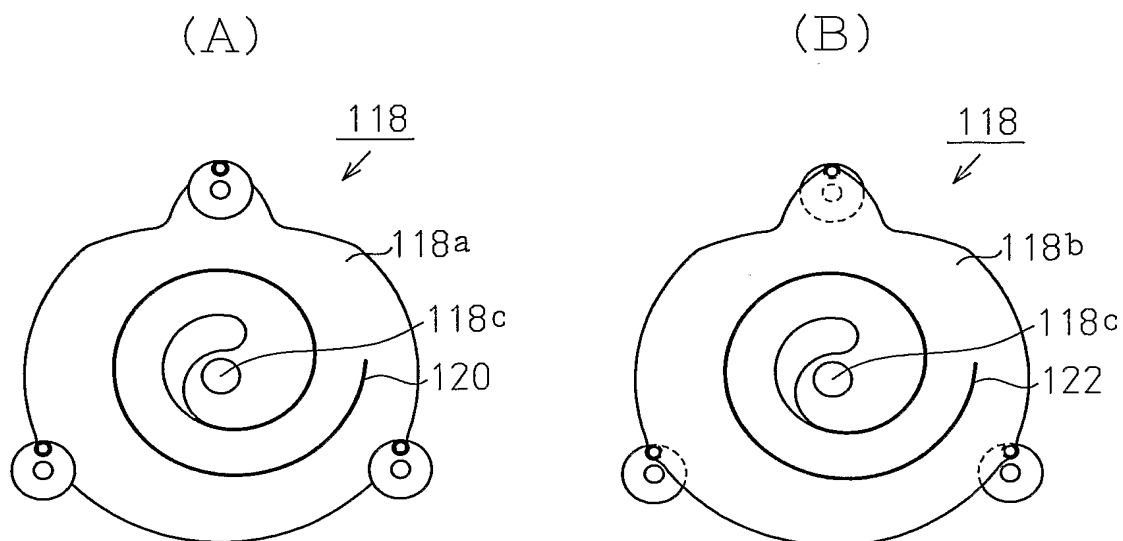


図 27

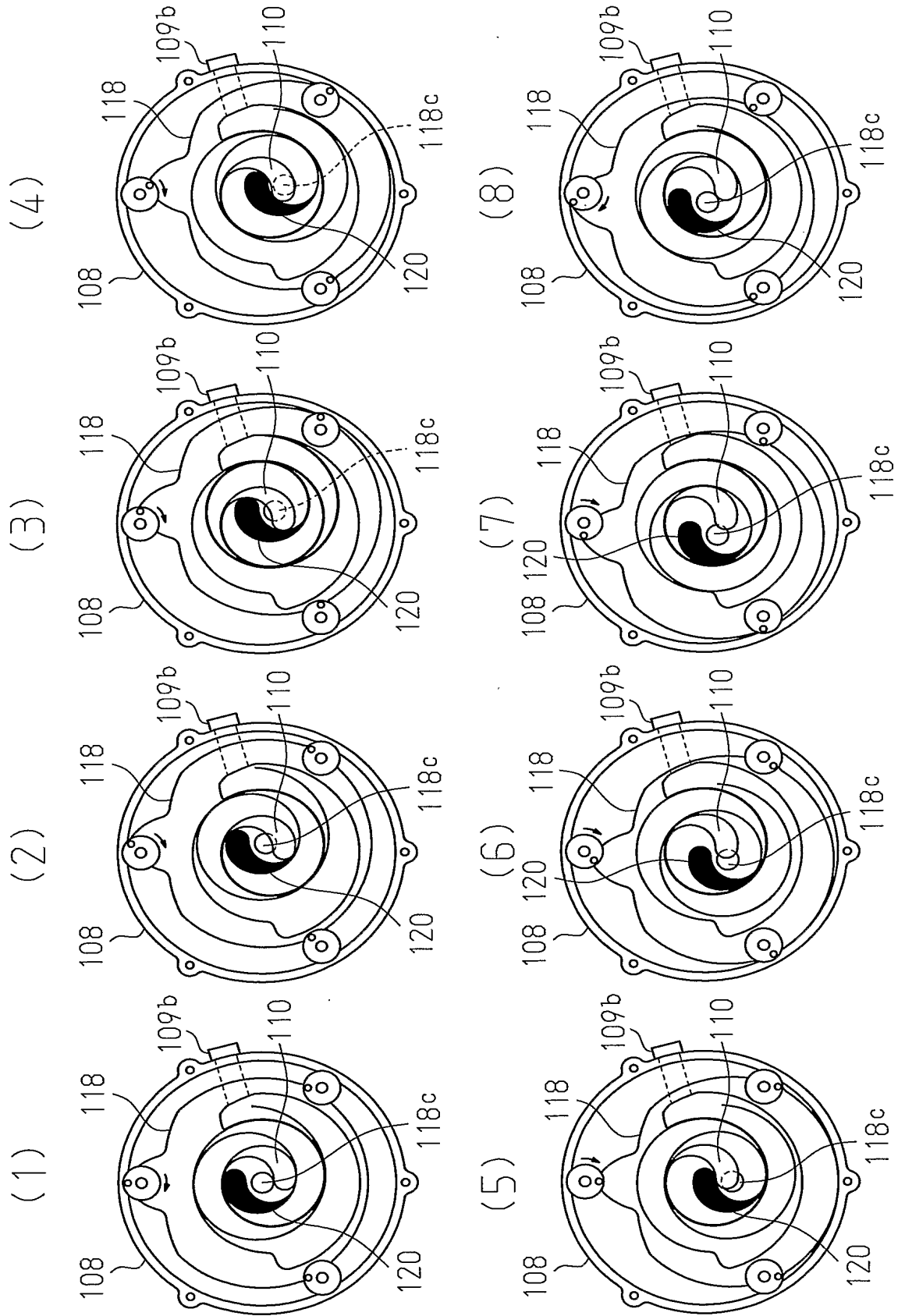


図 28

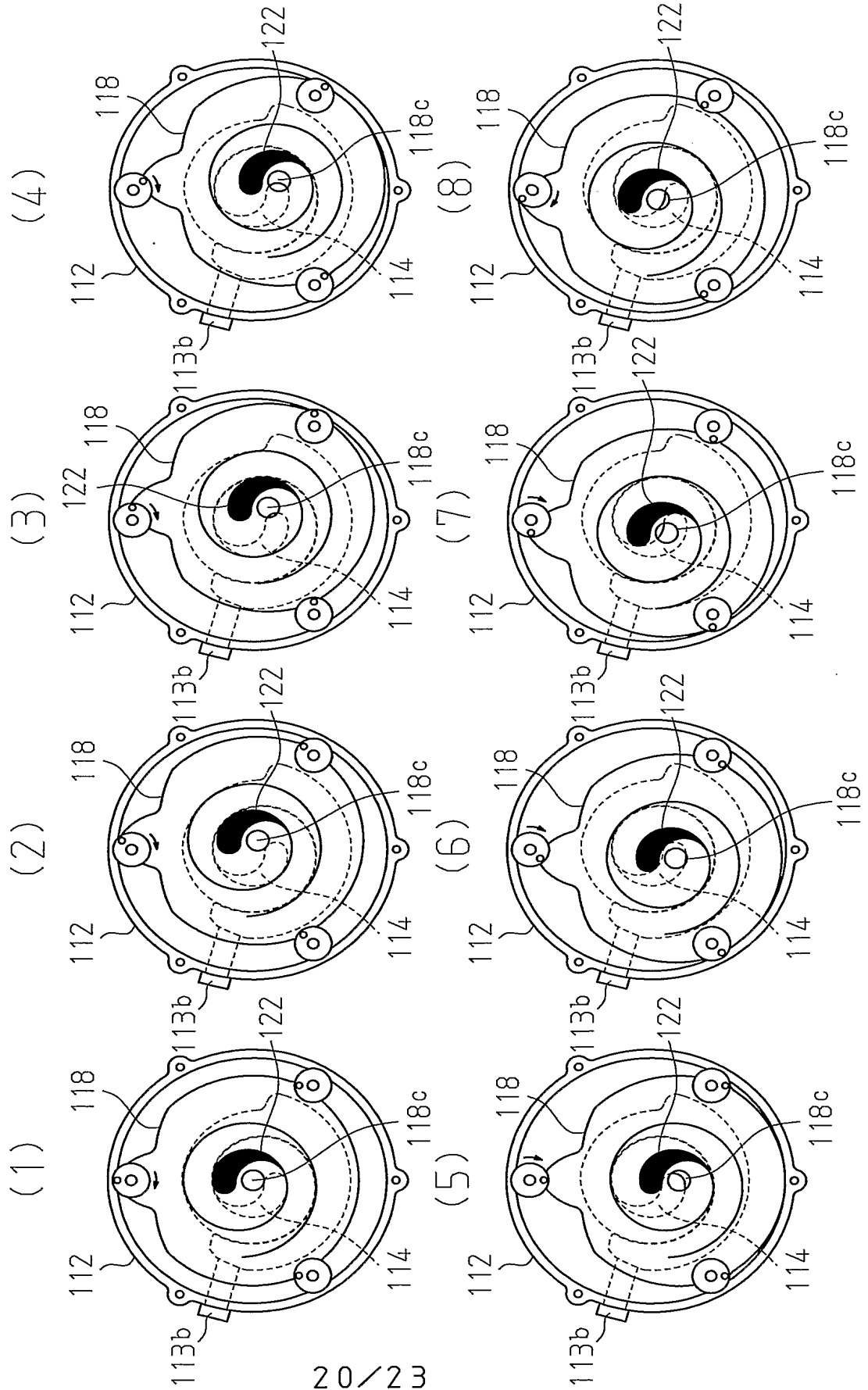


図 29

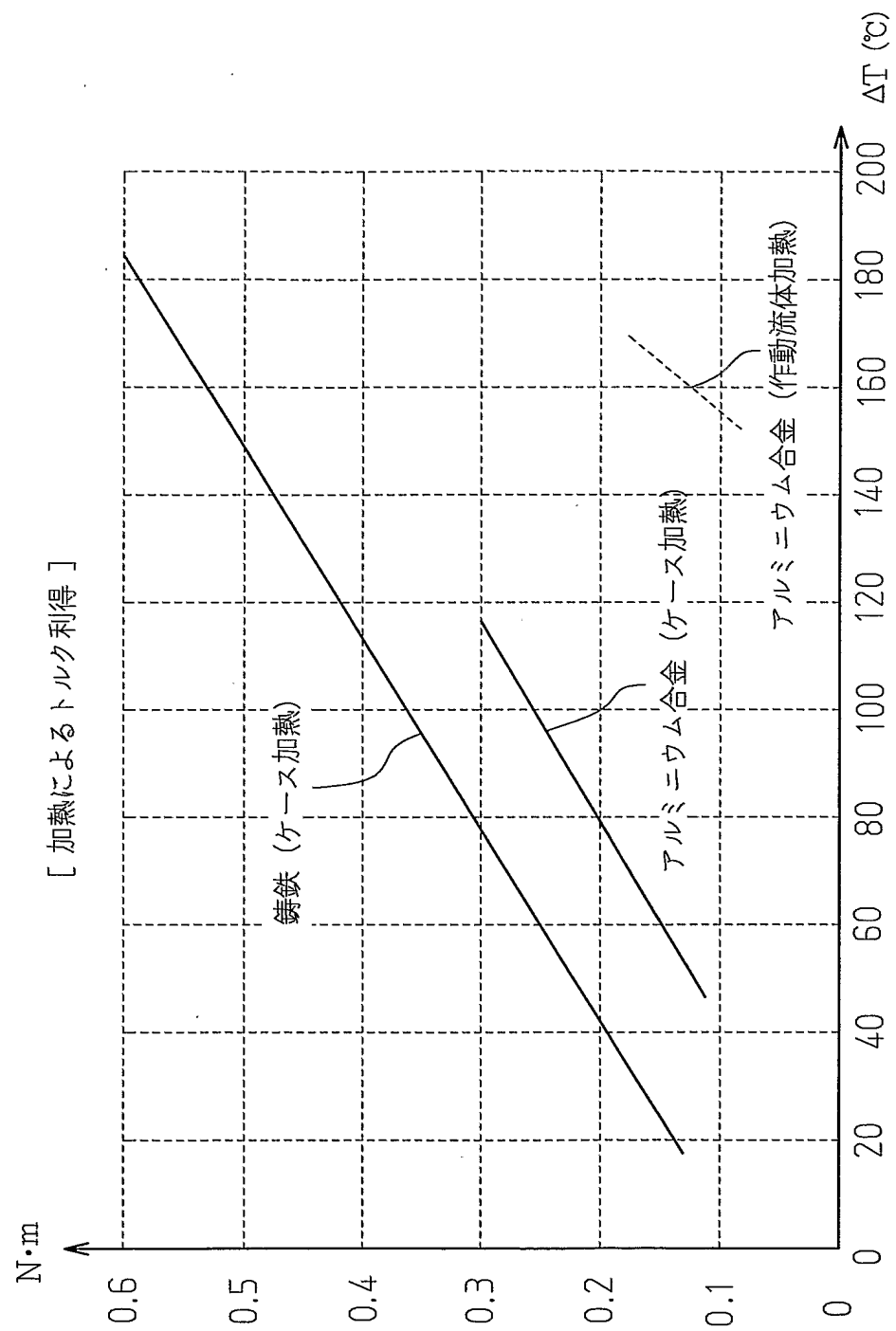


图 30

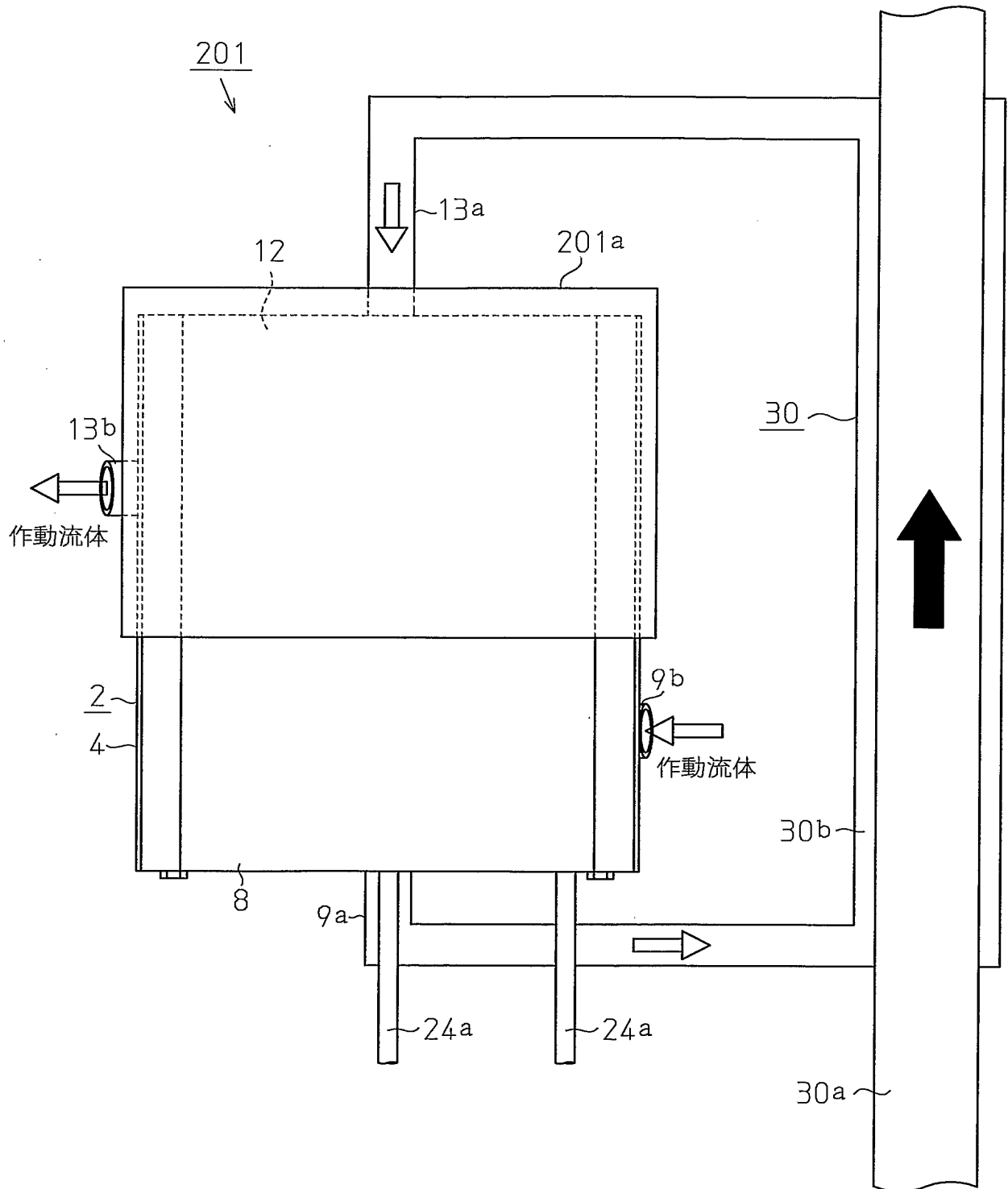
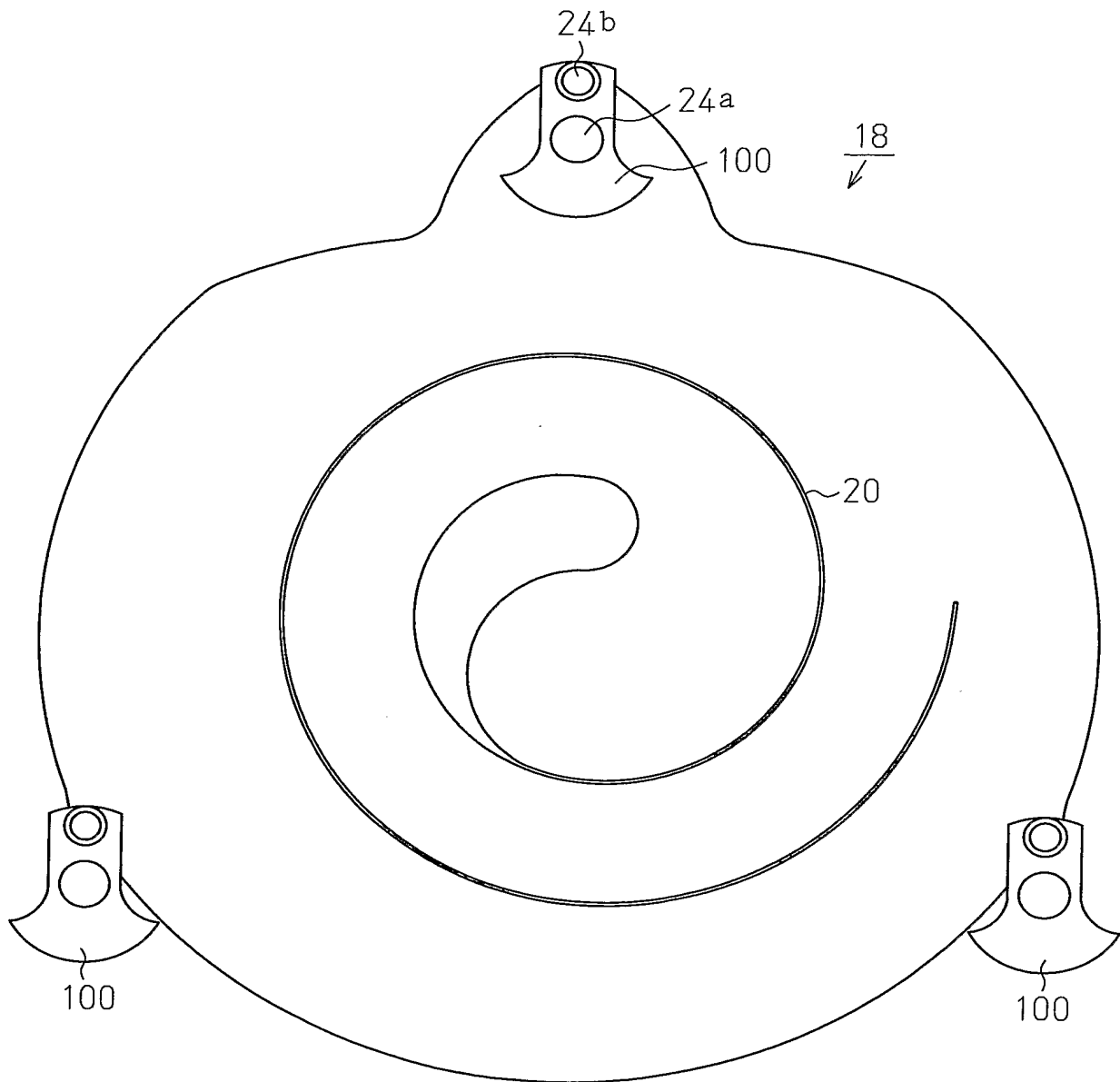


図 3 1



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/001299

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ F01C13/04, 1/02, F04B35/00, F04C18/02, 23/02, F25B9/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ F01C13/04, 1/02, F04B35/00, F04C18/02, 23/02, F25B9/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2003-507610 A (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY), 25 February, 2003 (25.02.03), Par. Nos. [0024] to [0033]; Figs. 1, 5 & WO 2001/006108 A1 & US 6216462 B1 & US 2002/0029571 A1 & US 2001/0001362 A1 & EP 1196686 A & CA 2376594 A & AU 765853 B & AU 6069000 A	1-2, 4-8, 10-12, 16-19, 21-23 3, 9, 13-15, 20
Y A	JP 7-37857 B1 (Daikin Industries, Ltd.), 26 April, 1995 (26.04.95), Fig. 1 (Family: none)	1-2, 4-8, 10-12, 16-19, 21-23 3, 9, 13-15, 20

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
14 April, 2005 (14.04.05)

Date of mailing of the international search report
26 April, 2005 (26.04.05)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl.⁷ F01C13/04, 1/02, F04B35/00, F04C18/02, 23/02, F25B9/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl.⁷ F01C13/04, 1/02, F04B35/00, F04C18/02, 23/02, F25B9/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2003-507610 A (ユナイテッド ステイツ エンバイロンメンタル プロテクション エージェンシー) 2003. 02. 25, 0024-0033 段落、第 1, 5 図	1-2, 4-8, 10-12, 16-19, 21-23
A	& WO 2001/006108 A1 & US 6216462 B1 & US 2002/0029571 A1 & US 2001/0001362 A1 & EP 1196686 A & CA 2376594 A & AU 765853 B & AU 6069000 A	3, 9, 13-15, 20

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日
 14. 04. 2005

国際調査報告の発送日
 26. 4. 2005

国際調査機関の名称及びあて先
 日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号 100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官 (権限のある職員)
 稲葉 大紀
 電話番号 03-3581-1101 内線 3395

3 T 9820

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 7-37857 B1 (ダイキン工業株式会社) 1995. 04. 26, 第1図 (ファミリーなし)	1-2, 4-8, 10-1 2, 16-19, 21-2 3
A		3, 9, 13-15, 20